

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-331892

(43)Date of publication of application : 21.11.2003

(51)Int.Cl.

H01M 8/04  
// H01M 8/10

(21)Application number : 2002-137766

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 13.05.2002

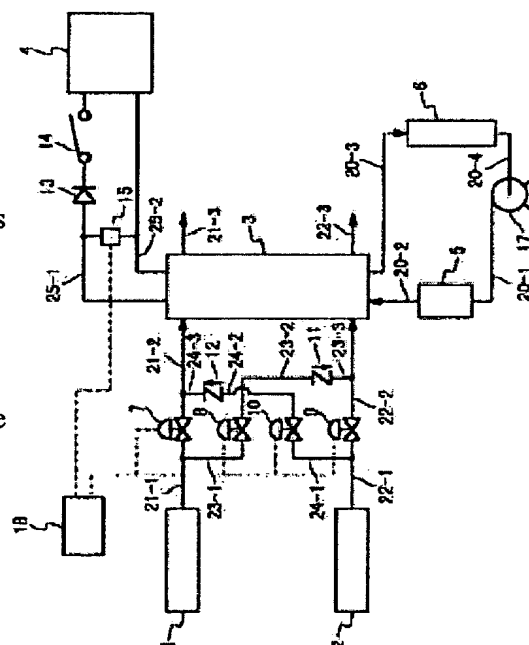
(72)Inventor : MINEO TOKUICHI  
KONUMA HIROSHI

## (54) FUEL CELL SYSTEM, AND STARTING METHOD OF FUEL CELL SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently heat and humidify a fuel cell stack to reduce the start time of a fuel cell system, when starting the fuel cell system.

**SOLUTION:** This fuel cell system provided with a control part 18, a fuel cell stack 3, and current regulation parts 12 and 13 is used. The cell stack 3 is fed with an oxidation gas and a fuel gas. The regulation parts 12 and 13 are electrically connected to the cell stack 3. The control part 18 controls the regulation parts 12 and 13 so as to carry a stack current to the cell stack 3 when the cell stack 3 is heated. The stack current is a substantial constant current, or a stack current setting its ratio to the open circuit voltage of the cell stack 3 at a preset value.



**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]The 1st fuel gas flow control section which controls a flow of the 1st fuel gas as fuel gas supplied to the anode side of a control section, a fuel cell stack, and said fuel cell stack, The 2nd fuel gas flow control section which controls a flow of the 2nd fuel gas as said fuel gas supplied to the cathode side of said fuel cell stack, Provide the 1st oxidizing gas flow control part which controls a flow of the 1st oxidizing gas as oxidizing gas supplied to said cathode side, and said control section, A fuel cell system which controls said amount control section of the 2nd fuel gas flow, and said 1st oxidizing gas flow control part to be supplied at a rate that said 2nd fuel gas and said 1st oxidizing gas were beforehand set to said cathode side when carrying out temperature up of said fuel cell stack.

[Claim 2]The 1st fuel gas flow control section which controls a flow of the 1st fuel gas as fuel gas supplied to the anode side of a control section, a fuel cell stack, and said fuel cell stack, The 1st oxidizing gas flow control part which controls a flow of the 1st oxidizing gas as oxidizing gas supplied to the cathode side of said fuel cell stack, Provide the 2nd oxidizing gas flow control part which controls a flow of the 2nd oxidizing gas as said oxidizing gas supplied to said anode side, and said control section, A fuel cell system which controls said amount control section of the 1st fuel gas flow, and said 2nd oxidizing gas flow control part so that said anode side is supplied at a rate that said 1st fuel gas and said 2nd oxidizing gas were set up beforehand, when carrying out temperature up of said fuel cell stack.

[Claim 3]The fuel cell system according to claim 1 or 2 which controls said heating unit to perform said heating when a heating unit which heats water which flows through inside of said fuel cell stack is provided further and said control section carries out temperature up of said fuel cell stack.

[Claim 4]A starting method of a fuel cell system characterized by comprising the following.

A step which supplies the 1st fuel gas as fuel gas to the anode side of a fuel cell stack.

A step which supplies the 1st oxidizing gas as oxidizing gas to the cathode side of said fuel cell stack, and a step which supplies the 2nd fuel gas as said fuel gas to said cathode side when carrying out temperature up of said fuel cell stack.

[Claim 5]A starting method of a fuel cell system characterized by comprising the following.

A step which supplies the 1st fuel gas as fuel gas to the anode side of a fuel cell stack.

A step which supplies the 1st oxidizing gas as oxidizing gas to the cathode side of said fuel cell stack, and a step which supplies the 2nd oxidizing gas as said oxidizing gas to said anode side when carrying out temperature up of said fuel cell stack.

[Claim 6]A starting method of the fuel cell system according to claim 4 or 5 which possesses further a step which humidifies said 1st fuel gas and said 1st oxidizing gas before supply to said fuel cell stack.

[Claim 7]A starting method of a fuel cell system characterized by comprising the following.

A step which supplies pretreatment gas as gas dry as compared with oxidizing gas used for operation of said fuel cell stack to the cathode side of said fuel cell stack during a stop of power generation of a fuel cell stack.

A step which supplies said oxidizing gas to said cathode side when carrying out temperature up of

said fuel cell stack, and a step which supplies fuel gas to the anode side of said fuel cell stack by a pressure higher than a pressure of said oxidizing gas.

[Claim 8]A starting method of a fuel cell system characterized by comprising the following.

A step which supplies pretreatment gas as gas dry as compared with oxidizing gas used for operation of said fuel cell stack to the cathode side of said fuel cell stack during a stop of power generation of a fuel cell stack.

A step which supplies fuel gas to the anode side of said fuel cell stack when carrying out temperature up of said fuel cell stack, and a step which supplies oxidizing gas to said cathode side by a pressure higher than a pressure of said fuel gas.

[Claim 9]A starting method possessing a step which supplies said pretreatment gas which is drying a step which supplies pretreatment gas instead of said oxidizing gas to said anode side instead of said cathode side during a stop of said power generation as compared with said fuel gas of the fuel cell system according to claim 7 or 8.

[Claim 10]A starting method of the fuel cell system according to any one of claims 4 to 9 which heats water which flows through inside of said fuel cell stack, and possesses further a step supplied to said fuel cell stack.

[Claim 11]A step which supplies the 1st fuel gas as fuel gas to the anode side of a fuel cell stack, A step which supplies the 1st oxidizing gas as oxidizing gas to the cathode side of said fuel cell stack, A program for making a computer perform a method of providing a step which supplies the 2nd fuel gas as said fuel gas to said cathode side, when carrying out temperature up of said fuel cell stack.

[Claim 12]A step which supplies the 1st fuel gas as fuel gas to the anode side of a fuel cell stack, A step which supplies the 1st oxidizing gas as oxidizing gas to the cathode side of said fuel cell stack, A program for making a computer perform a method of providing a step which supplies the 2nd oxidizing gas as said oxidizing gas to said anode side, when carrying out temperature up of said fuel cell stack.

[Claim 13]A step which supplies pretreatment gas as gas dry as compared with oxidizing gas used for operation of said fuel cell stack to the cathode side of said fuel cell stack during a stop of power generation of a fuel cell stack, A program for making a computer perform a method of providing a step which supplies said oxidizing gas to said cathode side, and a step which supplies fuel gas to the anode side of said fuel cell stack by a pressure higher than a pressure of said oxidizing gas, when carrying out temperature up of said fuel cell stack.

[Claim 14]A program characterized by comprising the following for making a computer perform a method.

A step which supplies pretreatment gas as gas dry as compared with oxidizing gas used for operation of said fuel cell stack to the cathode side of said fuel cell stack during a stop of power generation of a fuel cell stack.

A step which supplies fuel gas to the anode side of said fuel cell stack when carrying out temperature up of said fuel cell stack, and a step which supplies oxidizing gas to said cathode side by a pressure higher than a pressure of said fuel gas.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]Especially this invention relates to the starting method of a fuel cell system and a fuel cell system which shortens the time concerning starting of a fuel cell stack about the starting method of a fuel cell system and a fuel cell system.

[0002]

[Description of the Prior Art]When supplying and generating fuel gas and oxidizing gas to a solid polymer type fuel cell stack, since the temperature of a fuel cell stack is low at the time of starting (ordinary temperature), sufficient output is not obtained. Since the temperature of that this has a low temperature of (1) electrode catalyst, and catalytic activity is low and (2) electrolyte membranes is low, Since the temperature of that resistance of an electrolyte membrane (ion-exchange membrane) is high and (3) fuel cell stacks is low, since a steam cannot condense, an electrolyte membrane cannot be reached and an electrolyte membrane cannot be humidified even if it supplies the gas (fuel gas and oxidizing gas) containing a steam, resistance of an electrolyte membrane is high -- it is based on the Reason of\*\*.

[0003]As a warm up procedure at the time of starting of a fuel cell stack, The cooling water which circulates the inside of a fuel cell stack in order to miss the heat generated in a fuel cell stack at the time of power generation is heated by a predetermined method (illustration: form heating apparatus in the line of cooling water) at the time of starting, and the method of heating a fuel cell stack through a fuel cell stack is known in this. The method of humidifying an electrolyte membrane is known by humidifying and supplying oxidizing gas and fuel gas as a humidifying method.

[0004]Cooling water flows through the inside of the passage established in the inside of the separator of a fuel cell stack. The heat of cooling water will warm a fuel cell cell, after warming a separator. Therefore, although the heat of cooling water is transmitted to a fuel cell cell, there is delay. Although fuel gas and oxidizing gas are also heated and supplied, since it is gas and quantity of heat is small, heating of a fuel cell stack takes time. Although an electrolyte membrane is humidified with the fuel gas and oxidizing gas which were humidified, since the temperature of a fuel cell stack is low, it is easy to condense a steam by the middle. Since porous carbon material was used for the polar zone and the whole electrolyte membrane surface is covered, time is taken for a steam to reach even an electrolyte membrane.

[0005]It is expected that fuel cell stacks for vehicles will have the as much as possible short time from starting to operation. Art of shortening the warm-up time of a fuel cell system is desired. The art of shortening the cooking time of the fuel cell stack in a fuel cell system is searched for. The art of shortening the humidification time of the fuel cell cell in a fuel cell stack is searched for.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]Therefore, the purpose of this invention is to provide the starting method of the fuel cell system which can shorten the time concerning starting, and a fuel cell system.

[0007]Other purposes of this invention are to provide the starting method of the fuel cell system which can shorten the cooking time of a fuel cell stack, and a fuel cell system.

[0008]The purpose of further others of this invention is to provide the starting method of the fuel cell system which can shorten the humidification time of the fuel cell cell in a fuel cell stack, and a fuel

cell system.

[0009]

[Means for Solving the Problem]Below, The means for solving a technical problem is explained using the number and numerals used by [Embodiment of the Invention]. These numbers and numerals are added with a parenthesis, in order to clarify the correspondence relation of a description and [Embodiment of the Invention] of [Claims]. However, don't use those numbers and numerals for the interpretation of technical scope of the invention indicated to [Claims].

[0010]Therefore, in order to solve an aforementioned problem, the fuel cell system of this invention is provided with the following.

Control section (18).

Fuel cell stack (3).

The 1st fuel gas flow control section (7).

The 2nd fuel gas flow control section (8) and the 1st oxidizing gas flow control part (9).

The 1st fuel gas flow control section (7) controls the flow of the 1st fuel gas (Q) as fuel gas supplied to the anode side of a fuel cell stack (3). The 2nd fuel gas flow control (8) part controls the flow of the 2nd fuel gas (Q') as the fuel gas supplied to the cathode side of a fuel cell stack (3). The 1st oxidizing gas flow control part (9) controls the flow of the 1st oxidizing gas (P) as oxidizing gas supplied to the cathode side. And when a control section (18) carries out temperature up of the fuel cell stack (3), it controls the amount control section of the 2nd fuel gas flow (8), and the 1st oxidizing gas flow control part (9) to be supplied at a rate that the 2nd fuel gas (Q') and the 1st oxidizing gas (P) were beforehand set to the cathode side.

[0011]A fuel cell system of this invention is provided with the following.

Control section (18).

Fuel cell stack (3).

The 1st fuel gas flow control section (7).

The 1st oxidizing gas flow control part (9) and the 2nd oxidizing gas flow control part (10).

The 1st fuel gas flow control section (7) controls a flow of the 1st fuel gas (Q) as fuel gas supplied to the anode side of a fuel cell stack (3). The 1st oxidizing gas flow control part (9) controls a flow of the 1st oxidizing gas (P) as oxidizing gas supplied to the cathode side of a fuel cell stack (3). The 2nd oxidizing gas flow control part (10) controls a flow of the 2nd oxidizing gas (P') as the oxidizing gas supplied to the anode side. And when a control section (18) carries out temperature up of the fuel cell stack (3), it controls the amount control section of the 1st fuel gas flow (7), and the 2nd oxidizing gas flow control part (10) so that the anode side is supplied at a rate that the 1st fuel gas (Q) and the 2nd oxidizing gas (P') were set up beforehand.

[0012]A fuel cell system of this invention possesses further a heating unit (5) which heats water which flows through inside of a fuel cell stack (3). And when a control section (18) carries out temperature up of the fuel cell stack (3), it controls a heating unit (5) to perform the heating.

[0013]A starting method of a fuel cell system of this invention for solving an aforementioned problem is provided with the following.

A step which supplies the 1st fuel gas (Q) as fuel gas to the anode side of a fuel cell stack (3).

A step which supplies the 1st oxidizing gas (P) as oxidizing gas to the cathode side of a fuel cell stack (3).

A step which supplies the 2nd fuel gas (Q') as the fuel gas to the cathode side when carrying out temperature up of the fuel cell stack (3).

[0014]A starting method of a fuel cell system of this invention is provided with the following.

A step which supplies the 1st fuel gas (Q) as fuel gas to the anode side of a fuel cell stack (3).

A step which supplies the 1st oxidizing gas (P) as oxidizing gas to the cathode side of a fuel cell stack (3).

A step which supplies the 2nd oxidizing gas (P') as the oxidizing gas to the anode side when carrying out temperature up of the fuel cell stack (3).

[0015]A starting method of a fuel cell system of this invention possesses further a step which humidifies the 1st fuel gas (Q) and the 1st oxidizing gas (P), before supply to a fuel cell stack (3).

[0016]A starting method of a fuel cell system of this invention is provided with the following.  
A step which supplies pretreatment gas as gas dry as compared with oxidizing gas (P) used for operation of a fuel cell stack (3) to the cathode side of a fuel cell stack (3) during a stop of power generation of a fuel cell stack (3).

A step which supplies oxidizing gas (P) to the cathode side when carrying out temperature up of the fuel cell stack (3).

A step which supplies fuel gas (Q) to the anode side of a fuel cell stack (3) by a pressure ( $A_1$ ) higher than a pressure ( $A_0$ ) of oxidizing gas (P).

[0017]A starting method of a fuel cell system of this invention is provided with the following.

A step which supplies pretreatment gas as gas dry as compared with oxidizing gas (P) used for operation of a fuel cell stack (3) to the cathode side of a fuel cell stack (3) during a stop of power generation of a fuel cell stack (3).

A step which supplies fuel gas (Q) to the anode side of a fuel cell stack (3) when carrying out temperature up of the fuel cell stack (3).

A step which supplies oxidizing gas (P) to the cathode side by a pressure ( $A_1$ ) higher than a pressure ( $A_0$ ) of fuel gas (Q).

[0018]A starting method of a fuel cell system of this invention possesses a step which supplies the pretreatment gas which a step which supplies pretreatment gas is drying instead of oxidizing gas (P) to the anode side instead of the cathode side during a stop of the power generation as compared with fuel gas (Q).

[0019]A starting method of a fuel cell system of this invention heats water which flows through inside of a fuel cell stack (3), and possesses further a step supplied to a fuel cell stack (3).

[0020]A program in connection with this invention for solving an aforementioned problem, A step which supplies the 1st fuel gas (Q) as fuel gas to the anode side of a fuel cell stack (3), A step which supplies the 1st oxidizing gas (P) as oxidizing gas to the cathode side of a fuel cell stack (3), When carrying out temperature up of the fuel cell stack (3), a computer is made to perform a method of providing a step which supplies the 2nd fuel gas (Q') as the fuel gas to the cathode side.

[0021]A step at which a program in connection with this invention supplies the 1st fuel gas (Q) as fuel gas to the anode side of a fuel cell stack (3), A step which supplies the 1st oxidizing gas (P) as oxidizing gas to the cathode side of a fuel cell stack (3), When carrying out temperature up of the fuel cell stack (3), a computer is made to perform a method of providing a step which supplies the 2nd oxidizing gas (P') as the oxidizing gas to the anode side.

[0022]A program in connection with this invention during a stop of power generation of a fuel cell stack (3), A step which supplies pretreatment gas as gas dry as compared with oxidizing gas (P) used for operation of a fuel cell stack (3) to the cathode side of a fuel cell stack (3), A step which supplies oxidizing gas (P) to the cathode side when carrying out temperature up of the fuel cell stack (3), A computer is made to perform a method of providing a step which supplies fuel gas (Q) to the anode side of a fuel cell stack (3) by a pressure ( $A_1$ ) higher than a pressure ( $A_0$ ) of oxidizing gas (P).

[0023]A program in connection with this invention during a stop of power generation of a fuel cell stack (3), A step which supplies pretreatment gas as gas dry as compared with oxidizing gas (P) used for operation of a fuel cell stack (3) to the cathode side of a fuel cell stack (3), A step which supplies fuel gas (Q) to the anode side of a fuel cell stack (3) when carrying out temperature up of the fuel cell stack (3), A computer is made to perform a method of providing a step which supplies oxidizing gas (P) to the cathode side by a pressure ( $A_1$ ) higher than a pressure ( $A_0$ ) of fuel gas (Q).

[0024]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, the embodiment of the fuel cell system which is this invention is described with reference to an accompanying drawing. The same numerals are attached and explained to a same or considerable portion in each embodiment.

[0025](Working example 1) The composition in a 1st embodiment of the fuel cell system which is this invention is explained first. Drawing 1 is a figure showing the composition in a 1st embodiment of the fuel cell system which is this invention. A fuel cell system, The fuel gas feed zone 1, the

oxidizing gas feed zone 2, the fuel cell stack 3, the heating unit 5, the cooling unit 6, the 1st fuel gas flow control valve 7, the 2nd fuel gas flow control valve 8, the 1st oxidizing gas flow control valve 9, the 2nd oxidizing gas flow control valve 10, the fuel gas check valve 11, the oxidizing gas check valve 12, the diode 13, The output switch 14, the voltage sensor 15, the pump 17, and the control section 18 are provided. And it is connected to the load apparatus 4 and electric power is supplied to the load apparatus 4. and, The 1st fuel gas piping 21-1 to 21-3 which is piping for the 1st fuel gas, It has the 2nd fuel gas piping 23-1 to 23-3 which is piping for the 2nd fuel gas, the 1st oxidizing gas piping 22-1 to 22-3 which is piping for the 1st oxidizing gas, the 2nd oxidizing gas piping 24-1 to 24-3 which is piping for the 2nd oxidizing gas, and the cooling water piping 20-1 to 20-4 which is piping for cooling water. It has the wiring 25-1 to 25-2 which is wiring for electrical and electric equipment.

[0026]The fuel gas feed zone 1 has a humidifying section. The 1st fuel gas as fuel gas is supplied to the anode side (fuel electrode) of the fuel cell stack 3 via the 1st fuel gas flow control valve of 1st fuel gas piping 21-1-7-1st fuel gas piping 21-2. Here, fuel gas is gas containing the hydrogen illustrated by the hydrogen-rich gas produced by reforming hydrocarbon system materials, such as hydrogen or methanol, and methane, and CO concentration is less than a predetermined quantity, and is humidified. However, if fuel gas is hydrocarbon system material, it contains a reforming section and CO transformation part in an inside. the fuel gas feed zone 1 -- the 2nd fuel gas flow control valve 8 of 1st fuel gas piping 21-1(in the middle of)-2nd fuel gas piping 23-1-via the 1st oxidizing gas piping 22-2 (in the middle of) of - 2nd fuel gas piping 23-2-fuel gas check valve 11-2nd fuel gas piping 23-3-, The 2nd fuel gas as fuel gas is supplied to the cathode side (air pole) of the fuel cell stack 3.

[0027]The oxidizing gas feed zone 2 has a humidifying section inside. The 1st oxidizing gas as oxidizing gas is supplied to the cathode side (air pole) of the fuel cell stack 3 via the 1st oxidizing gas flow-control-valve of 1st oxidizing gas piping 22-1-9-1st oxidizing gas piping 22-2. Here, oxidizing gas is gas containing oxygen or the oxygen illustrated by air, and is humidified. the oxidizing gas feed zone 2 -- the 2nd oxidizing gas flow control valve 10 of 1st oxidizing gas piping 22-1(in the middle of)-2nd oxidizing gas piping 24-1-via the 1st fuel gas piping 21-3 (in the middle of) of - 2nd oxidizing gas piping 24-2-oxidizing gas check valve 12-2nd oxidizing gas piping 24-3-, The 2nd oxidizing gas as oxidizing gas is supplied to the anode side (fuel electrode) of the fuel cell stack 3.

[0028]The fuel cell stack 3 is an aggregate (it is one or the stack connected [ two or more ] in series about a fuel cell cell) of the fuel cell cell which generates electricity using hydrogen in the 1st fuel gas, and oxygen in the 1st oxidizing gas. It mentions later for details. Here, the fuel cell stack 3 may be connected in parallel, not only the case of an independent stack but when connecting two or more stacks in series (output voltage can be made high) (output current can be increased). It is illustrated by fuel cells, such as a phosphoric acid type, a melting carbonate type, a solid oxide type, etc. besides a solid polymer type, as a fuel cell cell (however, in working example 2, it is a solid polymer type).

[0029]The 1st fuel gas flow control valve 7 as the 1st fuel gas flow control section is between the 1st fuel gas piping 21-1 and the 1st fuel gas piping 21-2, and controls the flow (amount of supply) of the 1st fuel gas supplied to the anode side of the fuel cell stack 3 from the fuel gas feed zone 1. The 2nd fuel gas flow control valve 8 as the 2nd fuel gas flow control section is between the 2nd fuel gas piping 23-1 and the 2nd fuel gas piping 23-2, and controls the flow (amount of supply) of the 2nd fuel gas supplied to the cathode side of the fuel cell stack 3 from the fuel gas feed zone 1. The fuel gas check valve 11 is between the 2nd fuel gas piping 23-2 and the 2nd fuel gas piping 23-3, and the 1st oxidizing gas of the 1st oxidizing gas piping 22-2 is prevented from flowing backwards to the 1st fuel gas piping 21-1 side.

[0030]The 1st oxidizing gas flow control valve 9 as the 1st oxidizing gas flow control part is between the 1st oxidizing gas piping 22-1 and the 1st oxidizing gas piping 22-2, and controls the flow (amount of supply) of the 1st oxidizing gas supplied to the cathode side of the fuel cell stack 3 from the oxidizing gas feed zone 2. The 2nd oxidizing gas flow control valve 10 as the 2nd oxidizing gas flow control part is between the 2nd oxidizing gas piping 24-1 and the 2nd oxidizing gas piping 24-2, and controls the flow (amount of supply) of the 2nd oxidizing gas supplied to the anode side of

the fuel cell stack 3 from the oxidizing gas feed zone 2. The oxidizing gas check valve 12 is between the 2nd oxidizing gas piping 24-2 and the 2nd oxidizing gas piping 24-3, and the 1st fuel gas of the 1st fuel gas piping 21-2 is prevented from flowing backwards to the 1st oxidizing gas piping 22-1 side.

[0031]At the time of starting, the water (cooling water) circulated in order to usually cool the fuel cell stack 3 at the time of operation is supplied to the heating unit 5 by 20 to cooling-water-piping 1 course, and it is heated in order to heat the fuel cell stack 3. And the heated cooling water is supplied to the fuel cell stack 3 by 20 to cooling-water-piping 2 course. Heating is performed using methods, such as the method of burning it in response to supply of oxidizing gas from fuel gas and the oxidizing gas feed zone 2, and heating with an electric heater, from the fuel gas feed zone 1. It does not heat other than [ of the fuel cell stack 3 ] the time of starting.

[0032]At the time of operation, the cooling water heated by passing the fuel cell stack 3 is supplied to the cooling unit 6 by 20 to cooling-water-piping 3 course, and it is usually cooled with techniques, such as heat exchange, etc. And the cooled cooling water is sent out to the pump 17 by 20 to cooling-water-piping 4 course. It does not cool at the time of starting of the fuel cell stack 3.

[0033]The cooled cooling water is supplied to the pump 17 from the cooling water piping 20-4, and the regurgitation is carried out to the cooling water piping 20-1. With the pump 17, it circulates through cooling water in order of the pump 17-heating unit 5-fuel cell stack 3-cooling unit 6-pump 17 via the cooling water piping 20-1 to 20-4.

[0034]The diode 13 restricts direction of the stack current  $I_s$  as current of the fuel cell stack 3 to one way. It has connected in series in the middle of the wiring 25-1. The output switch 14 turns on and off the electrical link of the fuel cell stack 3 and the load apparatus 4 by switch ON/OFF. It is come by off at the time of starting.

[0035]The voltage sensor 15 measures the stack voltage  $V_s$  which is the voltage of the fuel cell stack 3. The terminal of another side is connected to the wiring 25-1 which takes out electric power for one terminal from the fuel cell stack 3 to the wiring 25-2. The measured stack voltage  $V_s$  is outputted to the control section 18.

[0036]The control section 18, The fuel cell system whole. It controls (the fuel gas feed zone 1, the oxidizing gas feed zone 2, the fuel cell stack 3, the heating unit 5, the cooling unit 6, the 1st fuel gas flow control valve 7, the 2nd fuel gas flow control valve 8, the 1st oxidizing gas flow control valve 9, the 2nd oxidizing gas flow control valve 10, the output switch 14, the voltage sensor 15, and the pump 17 are included). It has a table showing the relation between a time schedule, and the temperature and open circuit voltage which are shown in drawing 4 at a storage parts store (not shown).

[0037]In the case of a vehicle use fuel cell system, the load apparatus 4 are an inverter for a vehicles drive, a motor, etc. In the case of a deferred type fuel cell system, it is a commercial inverter etc.

[0038]Next, a fuel cell cell is explained with reference to drawing 2. Drawing 2 is a sectional view explaining the fuel cell cell 30 and the separator 34. A polymer electrolyte fuel cell is provided with the following.

They are the two separators 34 as basic structure.

The fuel cell cell 30 pinched by them.

[0039]The fuel cell cell 30 has the fuel electrode 32, the air pole 33, and the electrolyte membrane 31. The electrolyte membrane 31 is pinched by the fuel electrode 32 and the air pole 33, and generates electricity according to electrochemical reaction (cell reaction) using hydrogen in the 1st fuel gas supplied via these electrodes, and oxygen in the 1st oxidizing gas. The electrolyte membrane 31 is illustrated by the film of ion-exchange resin like a perfluoro sulfonic acid film. The fuel electrode 32 and the air pole 33 circulate the 1st fuel gas and the 1st oxidizing gas, respectively, and carry the electrochemical reaction by hydrogen in the 1st fuel gas, and oxygen in the 1st oxidizing gas. It is also a passage of the electron accompanying a cell reaction. The fuel electrode 32 and the air pole 33 contain the power collecting layer for taking out the generated electric power, and the reaction layer (catalyst bed) in connection with a cell reaction. At the time of starting of the fuel cell stack 3, oxidizing gas and fuel gas are simultaneously supplied to the fuel electrode 32 and the air pole 33, they generate heat by oxidation reaction of fuel gas, and generate water.



[0040]The separator 34 is provided with the following.

The fuel gas passage 35 which supplies the 1st fuel gas to the anode side of the fuel cell cell 30 in one field.

The oxidizing gas passage 36 which supplies oxidizing gas to the cathode side of the fuel cell cell 30 in the field of another side.

It is provided between the fuel gas passage 35 and the oxidizing gas passage 36, and has the cooling water passage 37 which supplies the cooling water (it heats at the time of starting) which cools the fuel cell stack 3. Each [ fuel cell cell 30 ] are joined electrically. The construction material of the separator 34 is illustrated by the carbon (graphite) composite etc. At the time of starting of the fuel cell stack 3, the fuel gas passage 35 circulates in the 1st fuel gas and the 2nd oxidizing gas. Or the oxidizing gas passage 36 circulates the 2nd fuel gas and the 1st oxidizing gas.

[0041]Next, the composition of a fuel cell stack is explained with reference to drawing 3. Drawing 3 is a perspective view showing the composition of the fuel cell stack 3. the fuel cell stack 3 -- the separator 34-1 - 34-n (n -- two or more natural numbers.) Below, [ same ] The fuel cell cell 30-1 to 30-n-1, the power generation part 39, the current collection plate 40, the insulating plate 41, the end plate 42, the current collection plate 46, the insulating plate 47, the end plate 48, the fuel gas feed port 43, the cooling water feed port 44, the oxidizing gas feed port 45, the oxidizing gas outlet 49, The cooling-water-discharge mouth 50 and the fuel gas outlet 51 are provided.

[0042]The power generation part 39 is a portion which generates electricity in the fuel cell stack 3, and fuel cell cell 30-s (it is [  $s = 1$  to  $n-1$ , a natural number, and the following ] the same) is connected in series via separator 34-r ( $r=s$  and  $r=s+1$ ). Separator 34-r ( $r=s$  and  $r=s+1$ ) is allocated in the both sides of fuel cell cell 30-s, and electrically connects fuel cell cell 30 adjoining comrades. Separator 34-r and fuel cell cell 30-s are as explanation by drawing 2.

[0043]The current collection plate 40 and the current collection plate 46 are the electrodes for collecting the electric power generated by the fuel cell cell 30-1 to 30-n-1, and taking out to the exterior. The insulating plate 41 and the insulating plate 47 insulate the current collection plate 40 and the current collection plate 46, and the end plate 42 and the end plate 48. The end plate 42 and the end plate 48 are full on both sides of the power generation part 39 from both sides. The fuel gas feed port 43, the cooling water feed port 44, and the oxidizing gas feed port 45 are established in the end plate 42. Fuel gas (at the time of fuel cell stack 3 starting, they are fuel gas and oxidizing gas), cooling water, and oxidizing gas (at the time of fuel cell stack 3 starting, they are fuel gas and oxidizing gas) are supplied to the fuel cell stack 3, respectively. The oxidizing gas outlet 49, the cooling-water-discharge mouth 50, and the fuel gas outlet 51 are similarly formed in the end plate 48. From the fuel cell stack 3, oxidizing gas, cooling water, and fuel gas are discharged, respectively.

[0044]Next, the operation (starting method of a fuel cell system) in a 1st embodiment of the fuel cell system which is this invention is explained with reference to drawing 1, drawing 4, and drawing 7.

[0045]First, drawing 7 is explained. Drawing 7 (a) is a figure showing the principle of the starting method of the fuel cell system of this invention. In addition to the 1st fuel gas (inside of a figure,  $H_2$ ), in the fuel cell cell 30 which has the electrolyte membrane 31, the fuel electrode 32, and the air pole 33, the 2nd oxidizing gas (inside of a figure,  $O_2$ ) is supplied to the anode side (fuel electrode 32). By doing so, produced water and reaction fever occur on the catalyst bed of the fuel electrode 32 by oxidation reaction ( $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ ) of the 1st fuel gas. Similarly, in addition to the 1st oxidizing gas (inside of a figure,  $O_2$ ), the 2nd fuel gas (inside of a figure,  $H_2$ ) is supplied to the cathode side (air pole 33). By doing so, produced water and reaction fever occur on the catalyst bed of the air pole 33 by oxidation reaction ( $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ ) of the 2nd fuel gas. And the electrolyte membrane 31 is humidified with the produced water. The fuel cell cell 30 is heated with reaction fever, and the fuel cell stack 3 is heated as a result. That is, it becomes possible to perform heating and humidification at the time of starting. Since heating and humidification can perform this heating and humidification at a required place, they are dramatically efficient and can attain temperature up and humidification in a short time.

[0046]Next, drawing 4 is explained.

[0047]Drawing 4 is a timing chart which shows the operation at the time of starting of a fuel cell

system. The flow of the 1st fuel gas Q and 2nd oxidizing gas P' supplied to the temperature [ of the (a) fuel cell stack 3 ] T, relation [ with the time t ], and anode side of the (b) fuel cell stack 3 here, and a relation with the time t, (c) the flow of the 1st oxidizing gas P and 2nd fuel gas Q' supplied to the cathode side of the fuel cell stack 3, and a relation with the time t -- come out. a vertical axis -- respectively -- (-- a --) -- a fuel cell stack -- three -- temperature -- T -- (-- b --) -- the -- one -- fuel gas -- Q -- the -- two -- oxidizing gas -- P -- ' -- a flow (amount of supply) -- (-- c --) -- the -- one -- oxidizing gas -- P -- the -- two -- fuel gas -- Q -- ' -- a flow (amount of supply) -- it comes out, and it is and a horizontal axis is the time t.

[0048]The data in which the timing chart which shows the operation at the time of starting of a fuel cell system like this drawing 4 is shown, and the data (table) in which the relation between temperature and open circuit voltage is shown are stored in the storage parts store (not shown) of the control section 18, and are used for control of the control section 18.

[0049]Operation is explained below. In this example, hydrogen shall be used as fuel gas and air shall be used as oxidizing gas.

[0050](1) Step S01 (time 0)

The fuel gas feed zone 1 makes hydrogen the 1st and 2nd fuel gas, and is in the state which can be supplied. this time -- flow (drawing 4 (b)) = 0 of the 1st fuel gas Q, and flow (drawing 4 (c)) = 0 of 2nd fuel gas Q' -- it comes out.

[0051]The oxidizing gas feed zone 2 makes air the 1st and 2nd oxidizing gas, and is in the state which can be supplied. this time -- flow (drawing 4 (c)) = 0 of the 1st oxidizing gas P, and flow (drawing 4 (b)) = 0 of 2nd oxidizing gas P' -- it comes out.

[0052]Circulation of cooling water is omitted in the line (the cooling water piping 20-1 to 20-4, the following, cooling-water-flow line) through which cooling water circulates. The temperature of the heating unit 5 is a room temperature.

[0053]the fuel cell stack 3 -- a temperature T(drawing 4 (a)) = room temperature (R. T.) -- it comes out. The output switch 14 is an OFF state.

[0054](2) Step S02 (the time 0 -  $t_{11}$ )

Users turn ON a fuel cell system. The control section 18 starts starting of a fuel cell system. The control section 18 supplies the 1st fuel gas Q to the anode side of the fuel cell stack 3 from the fuel gas feed zone 1 by control of the 1st fuel gas flow control valve 7. In that case, it is made to increase gradually and a flow is eventually made into  $Q_0$ . this time -- flow (drawing 4 (c)) = 0 of flow (drawing 4 (b)) = 0 of the 1st fuel gas Q -  $Q_0$ , and 2nd fuel gas Q' -- it comes out.

[0055]The control section 18 supplies the 1st oxidizing gas P to the cathode side of the fuel cell stack 3 from the oxidizing gas feed zone 2 by control of the 1st oxidizing gas flow control valve 9. In that case, it is made to increase gradually and a flow is eventually made into  $P_0$ . this time -- flow (drawing 4 (b)) = 0 of flow (drawing 4 (c)) = 0 of the 1st oxidizing gas P -  $P_0$ , and 2nd oxidizing gas P' -- it comes out.

[0056]The control section 18 makes the pump 17 operate steadily, and is making the cooling-water-flow line circulate through cooling water regularly. The control section 18 turns ON the heating unit 5, and heats cooling water. The heated cooling water circulates through a cooling-water-flow line.

[0057]The fuel cell stack 3 is gradually heated in response to supply of the heated cooling water. The temperature T is becoming high gradually from the room temperature (R. T.) (drawing 4 (a)). The output switch 14 is an OFF state.

[0058](3) Step S03 (time  $t_{11}$  -  $t_{12}$ )

After predetermined time  $t_{11}$  progress, the control section 18 supplies the 1st fuel gas Q to the anode side of the fuel cell stack 3 by flow  $Q_0$  from the fuel gas feed zone 1 by control of the 1st fuel gas flow control valve 7. Simultaneously, the control section 18 supplies 2nd fuel gas Q' to the cathode side of the fuel cell stack 3 from the fuel gas feed zone 1 by control of the 2nd fuel gas flow control valve 8. In that case, it is made to increase gradually and a flow is eventually made into  $Q_0'$ . this time -- flow (drawing 4 (c)) = 0 - Q of flow (drawing 4 (b)) =  $Q_0$  of the 1st fuel gas Q, and 2nd fuel gas Q' -- it  $Q_0'$  comes out. However, since the explosion limit in the air of hydrogen is 4 to 75%, maximum

stream flow  $Q_0$  of 2nd fuel gas  $Q'$  may be  $Q_0'/(P_0+Q_0') < 4\%$  to flow  $P_0$  of the 1st oxidizing gas P for safety. If the rate of 2nd fuel gas  $Q'$  is small, the effect of heating and humidification will decrease. Therefore,  $1\% \leq Q_0'/(P_0+Q_0') < 4\%$  is preferred. more -- desirable --  $3.0\% \leq Q_0'/(P_0+Q_0') < 3.5\%$ .

[0059]The control section 18 supplies the 1st oxidizing gas P to the cathode side of the fuel cell stack 3 by flow  $P_0$  from the oxidizing gas feed zone 2 by control of the 1st oxidizing gas flow control valve 9. Simultaneously, the control section 18 supplies 2nd oxidizing gas  $P'$  to the anode side of the fuel cell stack 3 from the oxidizing gas feed zone 2 by control of the 2nd oxidizing gas flow control valve 10. In that case, it is made to increase gradually and a flow is eventually made into  $P_0'$ . this time -- flow (drawing 4(b)) = 0-P of flow (drawing 4(c)) =  $P_0$  of the 1st oxidizing gas P, and 2nd oxidizing gas  $P'$  -- it  $Q_0'$  comes out. However, since the explosion limit in the air of hydrogen is 4 to 75%, maximum stream flow  $P_0$  of 2nd oxidizing gas  $P'$  is taken as  $75\% < Q_0/(Q_0+P_0')$  to flow  $Q_0$  of the 1st fuel gas Q for safety. If the rate of 2nd oxidizing gas  $P'$  is small, the effect of heating and humidification will decrease. Therefore,  $75\% < Q_0/(Q_0+P_0') < 99\%$  is preferred. more -- desirable --  $80\% \leq Q_0/(Q_0+P_0') < 95\%$ .

[0060]The control section 18 makes the pump 17 operate steadily, and is making the cooling-water-flow line circulate through cooling water regularly. Cooling water is heated in the heating unit 5. The heated cooling water circulates through a cooling-water-flow line.

[0061]The 1st fuel gas Q and 2nd oxidizing gas  $P'$  are supplied to the anode side of the fuel cell stack 3. And reaction fever and the water (produced water) as a resultant are generated by oxidation reaction (exoergic reaction) with the 1st fuel gas Q (hydrogen) and 2nd oxidizing gas  $P'$  (air) on the catalyst bed of the fuel electrode 32. That is, direct heating of the fuel cell cell 30 can be carried out with reaction fever. Simultaneously with it, the electrolyte membrane 31 can be directly humidified with produced water.

[0062]Simultaneously, the 1st oxidizing gas P and 2nd fuel gas  $Q'$  are supplied to the cathode side of the fuel cell stack 3. And reaction fever and produced water are generated by oxidation reaction (exoergic reaction) with the 1st oxidizing gas P (air) and 2nd fuel gas  $Q'$  (hydrogen) on the catalyst bed of the air pole 33. That is, direct heating of the fuel cell cell 30 can be carried out with reaction fever. Simultaneously with it, the electrolyte membrane 31 can be directly humidified with produced water.

[0063]In addition to supply of the heated cooling water, the fuel cell stack 3 is gradually heated further by reaction fever. The temperature T is becoming high gradually from the room temperature (R. T.) (drawing 4(a)). The output switch 14 is an OFF state.

[0064](4) Step S04 (time  $t_{12} - t_{13}$ )

The control section 18 supplies the 1st fuel gas Q to the anode side of the fuel cell stack 3 by flow  $Q_0$  from the fuel gas feed zone 1 by control of the 1st fuel gas flow control valve 7. Simultaneously, the control section 18 supplies 2nd fuel gas  $Q'$  to the cathode side of the fuel cell stack 3 by flow  $Q_0'$  from the fuel gas feed zone 1 by control of the 2nd fuel gas flow control valve 8. this time -- flow (drawing 4(c)) = Q of flow (drawing 4(b)) =  $Q_0$  of the 1st fuel gas Q, and 2nd fuel gas  $Q'$  -- it  $Q_0'$  comes out.

[0065]The control section 18 supplies the 1st oxidizing gas P to the cathode side of the fuel cell stack 3 by flow  $P_0$  from the oxidizing gas feed zone 2 by control of the 1st oxidizing gas flow control valve 9. Simultaneously, the control section 18 supplies 2nd oxidizing gas  $P'$  to the anode side of the fuel cell stack 3 by flow  $P_0'$  from the oxidizing gas feed zone 2 by control of the 2nd oxidizing gas flow control valve 10. this time -- flow (drawing 4(b)) = P of flow (drawing 4(c)) =  $P_0$  of the 1st oxidizing gas P, and 2nd oxidizing gas  $P'$  -- it  $Q_0'$  comes out.

[0066]The control section 18 makes the pump 17 operate steadily, and is making the cooling-water-flow line circulate through cooling water regularly. Cooling water is heated in the heating unit 5. The heated cooling water circulates through a cooling-water-flow line.

[0067]With the reaction fever and produced water by oxidation reaction by the side of the anode of the fuel cell stack 3, direct heating of the fuel cell cell 30 can be carried out, and the electrolyte membrane 31 can be humidified directly simultaneously.

[0068]With the reaction fever and produced water by oxidation reaction by the side of the cathode of the fuel cell stack 3, direct heating of the fuel cell cell 30 can be carried out, and the electrolyte membrane 31 can be humidified directly simultaneously.

[0069]The fuel cell stack 3 is heated by the cooling water and reaction fever which were heated. The temperature  $T$  reaches to operating-temperature  $T_0$  eventually. (Drawing 4 (a)). The output switch 14 is an OFF state.

[0070](5) Step S05 (time  $t_{13}$ -)

The control section 18 checks that it is operating-temperature  $T_0$  based on the thermo sensor attached to the cell stack. And the 2nd fuel gas flow control valve 8 is stopped, and 2nd fuel gas  $Q'$  is set to 0. Simultaneously with it, the humidified 1st fuel gas  $Q$  is supplied to the anode side of the fuel cell stack 3 by flow  $Q_0$  from the fuel gas feed zone 1. A flow may be changed according to the operating condition of the fuel cell stack 3. this time -- flow (drawing 4 (c)) = 0 of flow (drawing 4 (b)) =  $Q_0$  of the 1st fuel gas  $Q$ , and 2nd fuel gas  $Q'$  -- it comes out.

[0071]At the same time as the control section 18 sets 2nd fuel gas  $Q'$  to 0, it stops the 2nd oxidizing gas flow control valve 10, and sets 2nd oxidizing gas  $P'$  to 0. Simultaneously with it, the humidified 1st oxidizing gas  $P$  is supplied to the cathode side of the fuel cell stack 3 by flow  $P_0$  from the oxidizing gas feed zone 2. A flow may be changed according to the operating condition of the fuel cell stack 3. this time -- flow (drawing 4 (b)) = 0 of flow (drawing 4 (c)) =  $P_0$  of the 1st oxidizing gas  $P$ , and 2nd oxidizing gas  $P'$  -- it comes out.

[0072]The control section 18 turns OFF the heating unit 5, and ends heating of cooling water. However, the operation which makes a cooling-water-flow line with the pump 17 circulate through cooling water regularly is continued. And when power generation is started, the cooling unit 6 is turned ON and cooling of the cooling water in the cooling unit 6 is started.

[0073]The oxidation reaction by the side of the anode of the fuel cell stack 3 and a cathode is ended. And humidification of the direct heating of the fuel cell cell 30 by reaction fever and produced water and the electrolyte membrane 31 is ended directly. The fuel cell stack 3 is operating-temperature  $T_0$ , and its humidified state of the electrolyte membrane 31 is also enough. The control section 18 turns ON the output switch 14, and starts supply of the electric power of the fuel cell stack 3 to the load apparatus 4.

[0074]The heat generated in power generation of the fuel cell stack 3 is away held by cooling water. With the size (it detects at the water temperature of the cooling water after fuel cell stack 3 passage) of the heat generating heat, the control section 18 adjusts the discharge quantity of the pump 17, and the refrigeration capacity of the cooling unit 6. The temperature  $T$  has operating-temperature  $T_0$  of the fuel cell stack 3 maintained (drawing 4 (a)).

[0075]By above-mentioned Step S01 - Step S04, starting (temperature up to an operating temperature, humidification of an electrolyte membrane) of a fuel cell system is completed. And it will carry out like Step S05, and will be in the usual operational status.

[0076]Fuel gas and oxidizing gas are supplied to both by the side of an anode and a cathode, and oxidation reaction is made to cause in this example. However, as for starting of the fuel cell system of this invention, it is possible to also make oxidation reaction cause only to one side. In that case, a flow control valve, a check valve, and its piping become unnecessary, and a system can be miniaturized.

[0077]In this example, although only the produced water by oxidation reaction is performing humidification of the electrolyte membrane 31, humidifying is also possible by supplying the 1st fuel gas  $Q$  and the 1st oxidizing gas  $P$  which were humidified to the fuel cell stack 3. In that case, the time concerning humidification is shortened.

[0078]In this example, the fuel cell stack 3 by heating of the cooling water which used the heating unit 5 is heated simultaneously. However, since oxidation reaction occurs on a catalyst bed at a room temperature even when not using the heating unit 5, heating to the operating temperature of the fuel

cell stack 3 by this invention is possible. In that case, the heating unit 5 is omissible.

[0079]In this example, although hydrogen is used as fuel gas, it is also possible to use the fuel gas containing the hydrogen which reformed the gas of the hydrocarbon system.

[0080]Heating by the cooling water which flows through the inside of the passage established in the inside of the separator of a fuel cell stack in this invention, And it not only uses heating by fuel gas or oxidizing gas, but it is heating using the reaction fever accompanying the oxidation reaction on the fuel electrode 32 of the fuel cell cell 30 of the fuel cell stack 3, and the air pole 33. That is, since it heats with the heat generated for itself [ fuel cell stack 3 (fuel cell cell 30) ], the efficiency of heating is dramatically high. Therefore, the temperature up in a short time becomes dramatically possible.

[0081]In the case of oxidation reaction, the electrolyte membrane 31 is humidified using the produced water generated by a reaction. That is, water will be supplied on the fuel cell stack 3 (fuel cell cell 30), and the efficiency of humidification becomes very high. Therefore, humidification in a short time is attained dramatically.

[0082]Pre-heating and humidifying can do a fuel cell cell directly by causing oxidation reaction on the fuel electrode of a fuel cell stack, and an air pole, and generating generation of heat and produced water in a fuel cell cell by this invention, at the time of fuel cell system starting. And it becomes possible to shorten substantially the warm-up time of the whole fuel cell system.

[0083]The composition in a 2nd embodiment of the fuel cell system which are (working example 2), next this invention is explained. Drawing 5 is a figure showing the composition in a 2nd embodiment of the fuel cell system which is this invention. A fuel cell system, The fuel gas feed zone 1, the oxidizing gas feed zone 2, the fuel cell stack 3, the heating unit 5, the cooling unit 6, the 1st fuel gas flow control valve 7, the 1st oxidizing gas flow control valve 9, the diode 13, the output switch 14, the voltage sensor 15, fuel gas pressure 16 [ a total of ], the oxidizing gas pressure gauge 19, the pump 17, The control section 18 is provided. And it is connected to the load apparatus 4 and electric power is supplied to the load apparatus 4. And it has the 1st fuel gas piping 21-1 to 21-3 which is piping for the 1st fuel gas, the 1st oxidizing gas piping 22-1 to 22-3 which is piping for the 1st oxidizing gas, and the cooling water piping 20-1 to 20-4 which is piping for cooling water. It has the wiring 25-1 to 25-2 which is wiring for electrical and electric equipment.

[0084]In this example, it differs from working example 1 in that diffuse the fuel gas by the side of an anode into the dry electrolyte membrane (penetration), and oxidation reaction is made to cause on an air pole. A fuel cell cell is heated with the reaction fever generated by oxidation reaction, and an electrolyte membrane is humidified with produced water. By humidification, the gas permeability of an electrolyte membrane falls and diffusion into the electrolyte of fuel gas is stopped automatically. In this example, supply of the oxidizing gas by the side of an anode and supply of the fuel gas by the side of a cathode are not performed. Therefore, the composition relevant to it is not used.

[0085]Fuel gas pressure 16 [ a total of ] measures the pressure of the fuel gas supplied to the anode side of the fuel cell stack 3 via the 1st fuel gas piping 21-1 to 21-2 in the 1st fuel gas piping 21-2. A measurement result is outputted to the control section 18. The oxidizing gas pressure gauge 19 measures the pressure of the oxidizing gas supplied to the cathode side of the fuel cell stack 3 via the 1st oxidizing gas piping 22-1 to 22-2 in the 1st oxidizing gas piping 22-2. A measurement result is outputted to the control section 18.

[0086]Since other composition is the same as that of working example 1, the explanation is omitted.

[0087]Next, the operation (starting method of a fuel cell system) in a 2nd embodiment of the fuel cell system which is this invention is explained with reference to drawing 5, drawing 6, and drawing 7.

[0088]First, drawing 7 is explained. Drawing 7 (b) is a figure showing the principle of the starting method of the fuel cell system of this invention. The electrolyte membrane 31 is dried at the time of starting, and since internal moisture is decreasing, it has gas permeation nature. Fuel gas (inside of a figure,  $H_2$ ) is supplied to the anode side (fuel electrode 32), and oxidizing gas (inside of a figure,  $O_2$ ) is supplied to the cathode side (air pole 33). It is considered as the pressure of the pressure > oxidizing gas of fuel gas. Since the electrolyte membrane 31 has gas permeation nature, the fuel gas by the side of an anode penetrates the electrolyte membrane 31, and it attains it to the air pole 33. And the diffused fuel gas causes the oxidizing gas by the side of a cathode, and oxidation reaction ( $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ ) on the catalyst bed of the air pole 33, and generates produced water and

reaction fever. And the electrolyte membrane 31 is humidified with the produced water. The fuel cell cell 30 is heated with reaction fever, and the fuel cell stack 3 is heated as a result. That is, it becomes possible to perform heating and humidification at the time of starting. Since heating and humidification can perform this heating and humidification at a required place, they are dramatically efficient and can attain temperature up and humidification in a short time.

[0089]By considering it as the pressure of the pressure < oxidizing gas of fuel gas, the oxidizing gas by the side of a cathode penetrates the electrolyte membrane 31, and attains it to the fuel electrode 32. And the diffused oxidizing gas causes the oxidizing gas by the side of an anode, and oxidation reaction ( $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ ) on the catalyst bed of the fuel electrode 32, and generates produced water and reaction fever. The electrolyte membrane 31 is humidified with the heat of formation and reaction fever, the fuel cell cell 30 is heated, and the fuel cell stack 3 is heated as a result.

[0090]Next, drawing 6 is explained.

[0091]Drawing 6 is a timing chart which shows the operation at the time of starting of a fuel cell system. The flow of fuel gas Q supplied to the temperature [ of the (a) fuel cell stack 3 ] T, relation [ with the time t ], and anode side of the (b) fuel cell stack 3 here, and a relation with the time t, (c) the flow of oxidizing gas P supplied to the cathode side of the fuel cell stack 3, a relation with the time t, the pressure of (d) fuel gas Q and the pressure of oxidizing gas P, and a relation with the time t -- come out. a vertical axis -- respectively -- the flow (amount of supply) of (temperature T and b) fuel gas Q of the (a) fuel cell stack 3, the flow (amount of supply) of (c) oxidizing gas P, the pressure of (d) fuel gas Q, and the pressure of oxidizing gas P -- it comes out, and it is and a horizontal axis is the time t.

[0092]The data in which the timing chart which shows the operation at the time of starting of a fuel cell system like this drawing 4 is shown is determined experimentally beforehand. And it is stored in the storage parts store (not shown) of the control section 18, and is used for control of the control section 18.

[0093]In this example, hydrogen shall be used as original fuel gas used as the raw material of fuel gas, and air shall be used as oxidizing gas.

(1) Step S11 (time  $t_{20} - t_{21}$ )

The fuel gas feed zone 1 supplies hydrogen to the anode side of the fuel cell stack 3 as fuel gas. this time -- flow (drawing 6 (b)) =  $Q_0$  of fuel gas Q, and pressure  $A(Q) = A_0$  of fuel gas Q -- it comes out.

[0094]The oxidizing gas feed zone 2 supplies air to the cathode side of the fuel cell stack 3 as oxidizing gas. this time -- flow (drawing 6 (c)) =  $P_0$  of oxidizing gas P, and pressure  $A(P) = A_0$  of oxidizing gas P -- it comes out.

[0095]In the line (the cooling water piping 20-1 to 20-4, the following, cooling-water-flow line) through which cooling water circulates, the cooling unit 6 and the pump 17 are ON, and circulate through cooling water. The heating unit 5 is OFF.

[0096]The fuel cell stack 3 is temperature  $T(\text{drawing 6 (a)}) = T_0$  (operating temperature). The output switch 14 is an ON state.

[0097](2) Step S12 (time  $t_{21} - t_{22}$ )

Users turn OFF a fuel cell system. The control section 18 starts the stop operation of a fuel cell system. By control of the control section 18, the fuel gas feed zone 1 suspends supply of the fuel gas by the side of the anode of the fuel cell stack 3. this time -- flow (drawing 6 (b)) = 0 of fuel gas Q, and pressure  $A(Q) = A_0$  (although supply of fuel gas is not performed, fuel gas exists in an inside) of fuel gas Q -- it comes out.

[0098]By control of the control section 18, the oxidizing gas feed zone 2 supplies air to the cathode side of the fuel cell stack 3 as oxidizing gas. However, oxidizing gas P at this time supplies the oxidizing gas which is not humidifying. The oxidizing gas which is not humidifying is oxidizing gas (as is taken in out of a cylinder or the atmosphere) which omits humidification performed when using it at the time of operation of the fuel cell stack 3. That is, as compared with the oxidizing gas (finishing [ humidification ]) used at the time of operation of the fuel cell stack 3, it is dry. By supply of this dry oxidizing gas, it is taken by the oxidizing gas which the moisture in the electrolyte membrane 31 dried, and dries and goes. The electrolyte membrane 31 without gas permeation nature

comes to have the gas permeation nature called a crossover by desiccation. The flow of dry oxidizing gas and the temperature of feed time and the fuel cell cell at the time of supply are determined by experiment. this time -- flow (drawing 6 (c)) =  $P_0$  of oxidizing gas P, and pressure  $A(P) = A_0$  of oxidizing gas P -- it comes out.

[0099]In the line (the cooling water piping 20-1 to 20-4, the following, cooling-water-flow line) through which cooling water circulates, the cooling unit 6 and the pump 17 are ON, and circulate through cooling water. The heating unit 5 is OFF.

[0100]The fuel cell stack 3 has power generation suspended by control of the control section 18. Thereby, the temperature T falls gradually. It is temperature  $T(\text{drawing 6 (a)}) = T_0 - T_0'$ . The output switch 14 is an OFF state.

[0101](3) Step S13 (time  $t_{22} - t_{23}$ )

The fuel gas feed zone 1 has suspended supply of the fuel gas by the side of the anode of the fuel cell stack 3. this time -- flow (drawing 6 (b)) = 0 of fuel gas Q, and pressure  $A(Q) = A_0$  (although supply of fuel gas is not performed, fuel gas exists in an inside) of fuel gas Q -- it comes out. Internal gas may be replaced by inactive gas. In that case, safety improves.

[0102]By control of the control section 18, the oxidizing gas feed zone 2 suspends supply of the fuel gas by the side of the cathode of the fuel cell stack 3. this time -- flow (drawing 4 (c)) = 0 of the 1st oxidizing gas P, and pressure  $A(P) = A_0$  (although supply of oxidizing gas is not performed, oxidizing gas exists in an inside) of oxidizing gas P -- it comes out.

[0103]In the line (the cooling water piping 20-1 to 20-4, the following, cooling-water-flow line) through which cooling water circulates, the cooling unit 6 and the pump 17 serve as OFF, after the temperature of the fuel cell stack 3 becomes a room temperature. The heating unit 5 is OFF.

[0104]The fuel cell stack 3 has suspended power generation. The temperature T falls gradually and is temperature  $T(\text{drawing 6 (a)}) = T_0' - 0$  (or good also at a room temperature). The output switch 14 is an OFF state.

[0105](4) Step S14 (time  $t_{23} - t_{24}$ )

Users turn ON a fuel cell system. The control section 18 starts starting of a fuel cell system. The control section 18 supplies fuel gas Q which omits humidification from the fuel gas feed zone 1 to the anode side of the fuel cell stack 3 by control of the 1st fuel gas flow control valve 7. In that case, it is made to increase gradually and a flow is eventually made into  $Q_0$ . The control section 18 controls the fuel gas feed zone 1 to become predetermined value  $A_1$  about the pressure. As for the pressure  $A_1$ , it is preferred to consider it as the value more than the pressure ( $A(P) = A_0$ ) by the side of a cathode. Thereby, hydrogen in fuel gas becomes easy to penetrate the inside of the dry electrolyte membrane 31 to the cathode side. It is the maximum pressure to which the electrolyte membrane 31 does not damage the maximum of pressure  $A_1$  according to the difference of the pressure by the side of an anode, and the pressure by the side of a cathode here, and the minimum of pressure  $A_1$  is the minimum pressure that hydrogen by the side of a cathode can diffuse to the anode side. However, since gas permeation nature falls with the water generated by diffusion of hydrogen (after-mentioned), in order to perform sufficient humidification and heating, to some extent high pressure  $A_1$  is required. The value is determined experimentally. By diffusion by the side of the cathode of hydrogen, oxidation reaction occurs on the catalyst bed of the air pole 33. The fuel cell cell 30 can be heated with the reaction fever. The electrolyte membrane 31 can be humidified with the water generated in the case of oxidation reaction. this time -- flow (drawing 6 (b)) = 0 of the 1st fuel gas Q -  $Q_0$ , pressure  $A(Q) = A_0$  of fuel gas Q -  $A_1$  -- it comes out.

[0106]The control section 18 supplies oxidizing gas P which omits humidification from the oxidizing gas feed zone 2 to the cathode side of the fuel cell stack 3 by control of the 1st oxidizing gas flow control valve 9. In that case, it is made to increase gradually and a flow is eventually made into  $P_0$ . this time -- flow (drawing 6 (c)) = 0 of oxidizing gas P -  $P_0$ , and pressure  $A(P) = A_0$  of oxidizing gas P -- it comes out.

[0107]The control section 18 makes the pump 17 operate steadily, and is making the cooling-water-



flow line circulate through cooling water regularly. The control section 18 turns ON the heating unit 5, and heats cooling water. The heated cooling water circulates through a cooling-water-flow line. [0108]The fuel cell stack 3 is gradually heated in response to the oxidation reaction on supply of the heated cooling water, and the air pole 33 of the hydrogen which diffused the inside of the electrolyte membrane 31 to the cathode side. The temperature  $T$  is becoming high gradually from the room temperature (R. T.) (drawing 6 (a)). The output switch 14 is an OFF state.

[0109](5) Step S15 (time  $t_{24} - t_{25}$ )

The control section 18 supplies fuel gas  $Q$  to the anode side of the fuel cell stack 3 by flow  $Q_0$  stably from the fuel gas feed zone 1. this time -- flow (drawing 6 (b)) =  $Q_0$  of fuel gas  $Q$ , and pressure  $A(Q) = A_1$  of fuel gas  $Q$  -- it comes out.

[0110]The control section 18 supplies oxidizing gas  $P$  to the cathode side of the fuel cell stack 3 by flow  $P_0$  stably from the oxidizing gas feed zone 2. this time -- flow (drawing 4 (c)) =  $P_0$  of the 1st oxidizing gas  $P$ , and pressure  $A(P) = A_0$  of oxidizing gas  $P$  -- it comes out.

[0111]The control section 18 makes the pump 17 operate steadily, and is making the cooling-water-flow line circulate through cooling water regularly. Cooling water is heated in the heating unit 5. The heated cooling water circulates through a cooling-water-flow line.

[0112]Fuel gas  $Q$  is supplied to the anode side of the fuel cell stack 3. A part of fuel gas  $Q$  diffuses the inside of the electrolyte membrane 31, and it attains it to the catalyst bed of the air pole 33. On the other hand, oxidizing gas  $P$  is supplied to the cathode side. Oxidizing gas  $P$  is attained to the catalyst bed of the air pole 33. And on the catalyst bed of the air pole 33, fuel gas  $Q$  (hydrogen) and oxidizing gas  $P$  (air) are oxidized (exoergic reaction), and reaction fever and the water (produced water) as a resultant are generated. That is, direct heating of the fuel cell cell 30 can be carried out with reaction fever. Simultaneously with it, the electrolyte membrane 31 can be directly humidified with produced water. Time  $t_{24} - t_{25}$  are determined experimentally.

[0113]In addition to supply of the heated cooling water, the fuel cell stack 3 is gradually heated further by reaction fever. The temperature  $T$  becomes high gradually from a room temperature (R. T.), and approaches operating-temperature  $T_0$  (drawing 6 (a)). The output switch 14 is an OFF state.

[0114](6) Step S16 (time  $t_{25} - t_{26}$ )

The control section 18 detects having approached operating-temperature  $T_0$  based on the thermo sensor attached to the cell stack. And the fuel gas feed zone 1 is controlled and the pressure of fuel gas  $Q$  by the side of an anode is returned to  $A_0$ . this time -- flow (drawing 6 (b)) =  $Q_0$  of fuel gas  $Q$ , pressure  $A(Q) = A_1$  of fuel gas  $Q - A_0$  -- it comes out.

[0115]The control section 18 supplies oxidizing gas  $P$  to the cathode side of the fuel cell stack 3 by flow  $P_0$  from the oxidizing gas feed zone 2 by control of the 1st oxidizing gas flow control valve 9. this time -- flow (drawing 6 (c)) =  $P_0$  of oxidizing gas  $P$ , and pressure  $A(P) = A_0$  of oxidizing gas  $P$  - it comes out.

[0116]The control section 18 makes the pump 17 operate steadily, and is making the cooling-water-flow line circulate through cooling water regularly. Cooling water is heated in the heating unit 5. The heated cooling water circulates through a cooling-water-flow line.

[0117]With the reaction fever and produced water by oxidation reaction by the side of the cathode of the fuel cell stack 3, direct heating of the fuel cell cell 30 can be carried out, and the electrolyte membrane 31 can be humidified directly simultaneously. When humidification progresses, the gas permeation performance of the electrolyte membrane 31 falls, and it becomes difficult to pass along fuel gas. And humidification is ended when gas stopped passing eventually. Flow  $Q_0$  and pressure  $A_1$  of fuel gas  $Q$  are experimentally determined that the end of humidification will come between  $t_{25} - t_{26}$ .

[0118]The fuel cell stack 3 is heated by the cooling water and reaction fever which were heated. The temperature  $T$  reaches to operating-temperature  $T_0$  eventually. (Drawing 4 (a)). The output switch 14 is an OFF state.



[0119](7) Step S17 (time  $t_{26}$ -)

The temperature  $T$  serves as operating-temperature  $T_0$ . The control section 18 is checked with the thermo sensor attached to the cell stack. The control section 18 supplies the humidified 1st fuel gas  $Q$  to the anode side of the fuel cell stack 3 by flow  $Q_0$  from the fuel gas feed zone 1. A flow may be changed according to the operating condition of the fuel cell stack 3. this time -- flow (drawing 4 (b))  $=Q_0$  of the 1st fuel gas  $Q$ , and pressure  $A(Q) = A_0$  of fuel gas  $Q$  -- it comes out.

[0120]The control section 18 supplies the humidified 1st oxidizing gas  $P$  to the cathode side of the fuel cell stack 3 by flow  $P_0$  from the oxidizing gas feed zone 2. A flow may be changed according to the operating condition of the fuel cell stack 3. this time -- flow (drawing 4 (c))  $=P_0$  of the 1st oxidizing gas  $P$ , and pressure  $A(P) = A_0$  of oxidizing gas  $P$  -- it comes out.

[0121]The control section 18 turns OFF the heating unit 5, and ends heating of cooling water. However, the operation which makes a cooling-water-flow line with the pump 17 circulate through cooling water regularly is continued. And when power generation is started, the cooling unit 6 is turned ON and cooling of the cooling water in the cooling unit 6 is started.

[0122]The oxidation reaction by the side of the anode of the fuel cell stack 3 and a cathode is ended. And humidification of the direct heating of the fuel cell cell 30 by reaction fever and produced water and the electrolyte membrane 31 is completed directly. The fuel cell stack 3 is operating-temperature  $T_0$ , and its humidified state of the electrolyte membrane 31 is also enough. The control section 18 turns ON the output switch 14, and starts supply of the electric power of the fuel cell stack 3 to the load apparatus 4.

[0123]The heat generated in power generation of the fuel cell stack 3 is away held by cooling water. With the size (it detects at the water temperature of the cooling water after fuel cell stack 3 passage) of the heat generating heat, the control section 18 adjusts the discharge quantity of the pump 17, and the refrigeration capacity of the cooling unit 6. The temperature  $T$  has operating-temperature  $T_0$  of the fuel cell stack 3 maintained (drawing 6 (a)).

[0124]By above-mentioned Step S11 - Step S16, starting (temperature up to an operating temperature, humidification of an electrolyte membrane) of a fuel cell system is completed. And it will carry out like Step S17, and will be in the usual operational status.

[0125]The fuel gas by the side of an anode is made to penetrate to the cathode side, and oxidation reaction is made to cause in this example. However, it is also possible to make the oxidizing gas by the side of a cathode penetrate to the anode side, to make oxidation reaction cause, and to use the reaction fever and produced water. In that case, in Steps S14-S15 (time  $t_{23} - t_{25}$ ), it can carry out by making high not the pressure of fuel gas  $Q$  but the pressure of oxidizing gas  $P$ .

[0126]In this example, although dry oxidizing gas is passed in Step S12, dry fuel gas may be passed. It is also possible to pass dry fuel gas and oxidizing gas simultaneously.

[0127]In this example, although only the produced water by oxidation reaction is performing humidification of the electrolyte membrane 31, humidifying is also possible by supplying fuel gas  $Q$  and oxidizing gas  $P$  which were humidified to the fuel cell stack 3. In that case, the time concerning humidification is shortened.

[0128]In this example, the fuel cell stack 3 by heating of the cooling water which used the heating unit 5 is heated simultaneously. However, since oxidation reaction occurs on a catalyst bed at a room temperature even when not using the heating unit 5, heating to the operating temperature of the fuel cell stack 3 by this invention is possible. In that case, the heating unit 5 is omissible.

[0129]In this example, although hydrogen is used as fuel gas, it is also possible to use the fuel gas containing the hydrogen which reformed the gas of the hydrocarbon system.

[0130]Heating by the cooling water which flows through the inside of the passage established in the inside of the separator of a fuel cell stack in this invention, And it not only uses heating by fuel gas or oxidizing gas, but it is heating using the reaction fever accompanying the oxidation reaction on the fuel cell cell 30 air pole 33 of the fuel cell stack 3 (or fuel electrode 32). That is, since it heats with the heat generated for itself [ fuel cell stack 3 (fuel cell cell 30) ], the efficiency of heating is dramatically high. Therefore, the temperature up in a short time becomes dramatically possible.

[0131]In the case of oxidation reaction, the electrolyte membrane 31 is humidified using the produced water generated by a reaction. That is, water will be supplied on the fuel cell stack 3 (fuel cell cell 30), and the efficiency of humidification becomes very high. Therefore, humidification in a short time is attained dramatically.

[0132]Pre-heating and humidifying can do a fuel cell cell directly by causing oxidation reaction on the fuel electrode of a fuel cell stack, and an air pole, and generating generation of heat and produced water in a fuel cell cell by this invention, at the time of fuel cell system starting. And it becomes possible to shorten substantially the warm-up time of the whole fuel cell system.

[0133]

[Effect of the Invention]In the case of starting of a fuel cell system, pre-heating of a fuel cell stack and humidification can be performed efficiently, and this invention enables it to shorten the warm-up time of a fuel cell system.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a figure showing the composition in a 1st embodiment of the fuel cell system which is this invention.

[Drawing 2]It is a sectional view explaining a fuel cell cell and a separator.

[Drawing 3]It is a perspective view showing the composition of a fuel cell stack.

[Drawing 4]It is a timing chart which shows the operation at the time of starting of a fuel cell system.

[Drawing 5]It is a figure showing the composition in a 2nd embodiment of the fuel cell system which is this invention.

[Drawing 6]It is a timing chart which shows other operations at the time of starting of a fuel cell system.

[Drawing 7](a) It is a figure showing the principle of the starting method of the fuel cell system of (b) this invention.

[Description of Notations]

- 1 Fuel gas feed zone
- 2 Oxidizing gas feed zone
- 3 Fuel cell stack
- 4 Load apparatus
- 5 Heating unit
- 6 Cooling unit
- 7 The 1st fuel gas flow control valve
- 8 The 2nd fuel gas flow control valve
- 9 The 1st oxidizing gas flow control valve
- 10 The 2nd oxidizing gas flow control valve
- 11 Fuel gas check valve
- 12 Oxidizing gas check valve
- 13 Diode
- 14 Output switch
- 15 Voltage sensor
- 16 Fuel-gas-pressure meter
- 17 Pump
- 18 Control section
- 19 Oxidizing gas pressure gauge
- 20-1-20-4 Cooling water piping
- 21-1-21-3 The 1st fuel gas piping
- 22-1-22-3 The 1st oxidizing gas piping
- 23-1-23-3 The 2nd fuel gas piping
- 24-1-24-3 The 2nd oxidizing gas piping
- 25-1-25-2 Wiring
- 30 (-one to n-1) fuel cell cells
- 31 Electrolyte membrane
- 32 Fuel electrode

33 Air pole  
34 (-1 - n) Separator  
35 Fuel gas passage  
36 Oxidizing gas passage  
39 Power generation part  
40 Current collection plate  
41 Insulating plate  
42 End plate  
43 Fuel gas feed port  
44 Cooling water feed port  
45 Oxidizing gas feed port  
46 Current collection plate  
47 Insulating plate  
48 End plate  
49 Oxidizing gas outlet  
50 Cooling-water-discharge mouth  
51 Fuel gas outlet

---

[Translation done.]

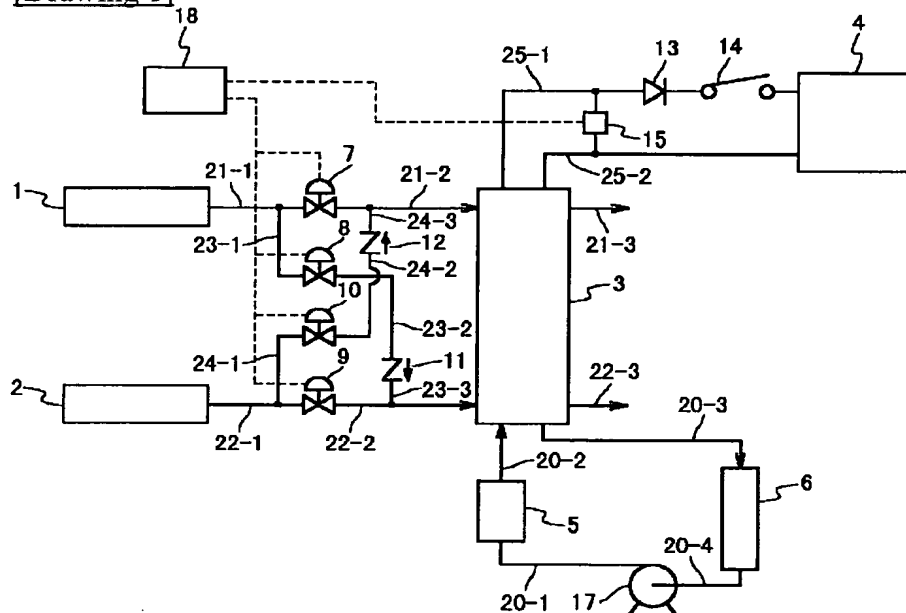
## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

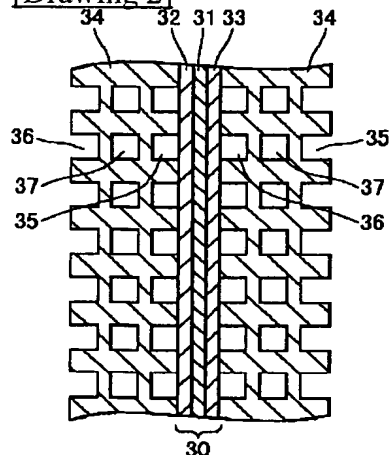
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

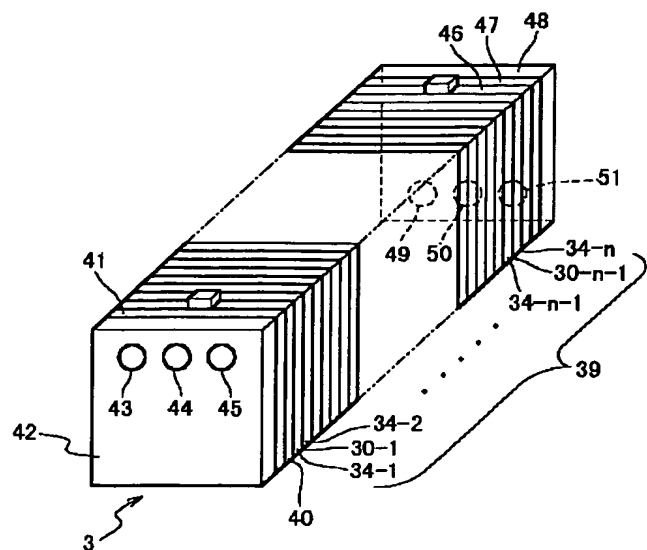
[Drawing 1]



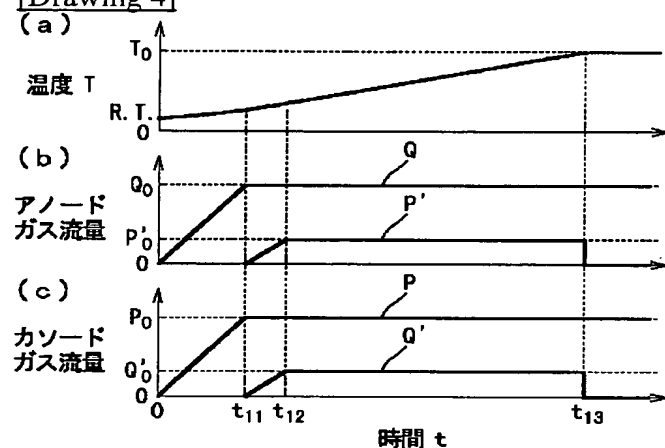
[Drawing 2]



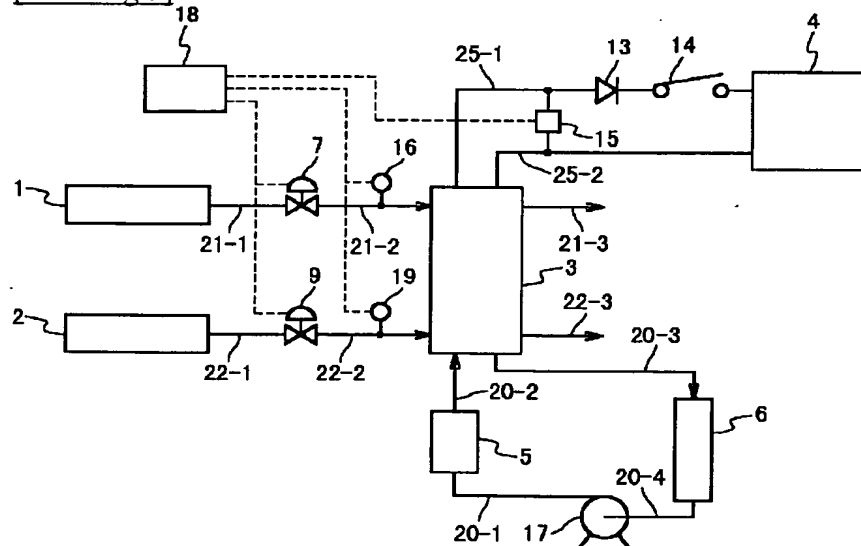
[Drawing 3]



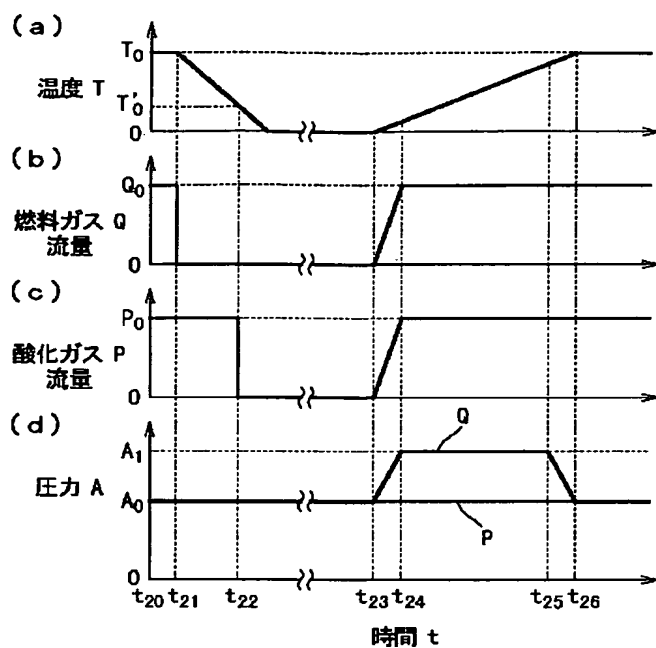
[Drawing 4]



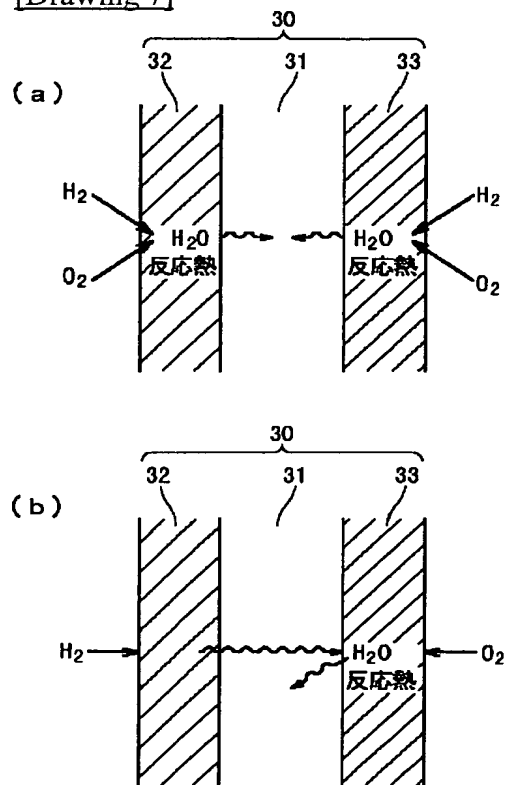
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-331892  
(P2003-331892A)

(43) 公開日 平成15年11月21日 (2003. 11. 21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	X 5 H 0 2 6
// H 0 1 M 8/10		8/10	K 5 H 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-137766 (P2002-137766)

(22) 出願日 平成14年5月13日 (2002. 5. 13)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都港区港南二丁目16番5号

(72) 発明者 峰尾 徳一

神奈川県相模原市田名3000番地 三菱重工業株式会社汎用機・特車事業本部内

(72) 発明者 小沼 浩

神奈川県相模原市田名3000番地 三菱重工業株式会社汎用機・特車事業本部内

(74) 代理人 100102864

弁理士 工藤 実

Fターム (参考) 5H026 AA06 CC03

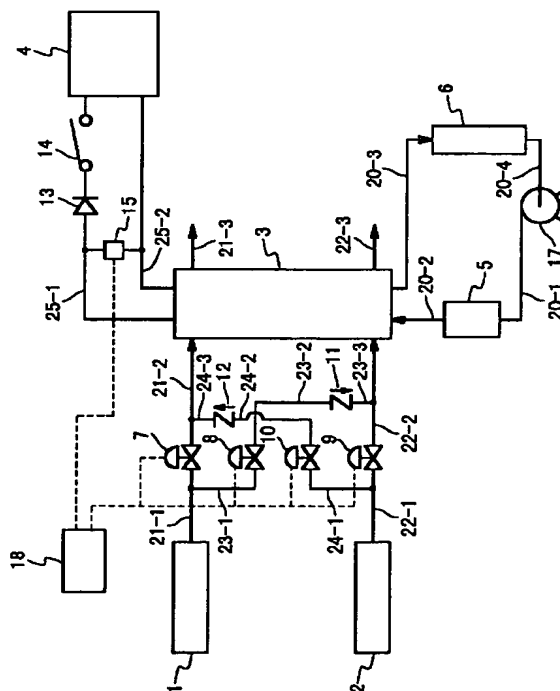
5H027 AA06 KK46 KK48 MM03 MM08

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム及び燃料電池システムの起動方法

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池システムの起動の際、燃料電池スタックの暖気及び加湿を効率的に行い、燃料電池システムの起動時間を短縮する。

【解決手段】 制御部18と、燃料電池スタック3と、電流調整部12、13とを具備する燃料電池システムを用いる。燃料電池スタック3は、酸化ガスと燃料ガスとを供給されている。電流調整部12、13は、燃料電池スタック3に電氣的に接続されている。制御部18は、燃料電池スタック3の昇温時に、燃料電池スタック3にスタック電流を流すように電流調整部12、13を制御する。スタック電流は、実質的な定電流や、燃料電池スタック3の開放電圧に対する割合が予め設定された値になるスタック電流等である。





## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】制御部と、

燃料電池スタックと、

前記燃料電池スタックのアノード側へ供給される燃料ガスとしての第 1 燃料ガスの流量を制御する第 1 燃料ガス流量制御部と、

前記燃料電池スタックのカソード側へ供給される前記燃料ガスとしての第 2 燃料ガスの流量を制御する第 2 燃料ガス流量制御部と、

前記カソード側へ供給される酸化ガスとしての第 1 酸化ガスの流量を制御する第 1 酸化ガス流量制御部と、  
を具備し、

前記制御部は、前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記カソード側に、前記第 2 燃料ガスと前記第 1 酸化ガスとが予め設定された割合で供給されるように前記第 2 燃料ガス流量制御部と前記第 1 酸化ガス流量制御部とを制御する、

燃料電池システム。

## 【請求項 2】制御部と、

燃料電池スタックと、

前記燃料電池スタックのアノード側へ供給される燃料ガスとしての第 1 燃料ガスの流量を制御する第 1 燃料ガス流量制御部と、

前記燃料電池スタックのカソード側へ供給される酸化ガスとしての第 1 酸化ガスの流量を制御する第 1 酸化ガス流量制御部と、

前記アノード側へ供給される前記酸化ガスとしての第 2 酸化ガスの流量を制御する第 2 酸化ガス流量制御部と、  
を具備し、

前記制御部は、前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記アノード側へ、前記第 1 燃料ガスと前記第 2 酸化ガスとが予め設定された割合で供給されるように前記第 1 燃料ガス流量制御部と前記第 2 酸化ガス流量制御部とを制御する、燃料電池システム。

【請求項 3】前記燃料電池スタック内を流れる水を加熱する加熱部を更に具備し、

前記制御部は、前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記加熱を行うように前記加熱部を制御する、

請求項 1 又は 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】燃料電池スタックのアノード側へ、燃料ガスとしての第 1 燃料ガスを供給するステップと、  
前記燃料電池スタックのカソード側へ、酸化ガスとしての第 1 酸化ガスを供給するステップと、

前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記カソード側へ、前記燃料ガスとしての第 2 燃料ガスを供給するステップと、

を具備する、

燃料電池システムの起動方法。

【請求項 5】燃料電池スタックのアノード側へ、燃料ガスとしての第 1 燃料ガスを供給するステップと、

前記燃料電池スタックのカソード側へ、酸化ガスとしての第 1 酸化ガスを供給するステップと、

前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記アノード側へ、前記酸化ガスとしての第 2 酸化ガスを供給するステップと、

を具備する、

燃料電池システムの起動方法。

【請求項 6】前記燃料電池スタックへの供給前に、前記第 1 燃料ガス及び前記第 1 酸化ガスを加湿するステップと、

を更に具備する、

請求項 4 又は 5 に記載の燃料電池システムの起動方法。

【請求項 7】燃料電池スタックの発電の停止中に、前記燃料電池スタックのカソード側へ、前記燃料電池スタックの運転に用いる酸化ガスと比較して乾燥しているガスとしての前処理ガスを供給するステップと、

前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記カソード側へ、前記酸化ガスを供給するステップと、

前記燃料電池スタックのアノード側へ、前記酸化ガスの圧力よりも高い圧力で燃料ガスを供給するステップと、

を具備する、

燃料電池システムの起動方法。

【請求項 8】燃料電池スタックの発電の停止中に、前記燃料電池スタックのカソード側へ、前記燃料電池スタックの運転に用いる酸化ガスと比較して乾燥しているガスとしての前処理ガスを供給するステップと、

前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記燃料電池スタックのアノード側へ、燃料ガスを供給するステップと、

前記カソード側へ、前記燃料ガスの圧力よりも高い圧力で酸化ガスを供給するステップと、

を具備する、

燃料電池システムの起動方法。

【請求項 9】前処理ガスを供給するステップは、

前記発電の停止中に、前記カソード側の代わりに前記アノード側へ、前記酸化ガスの代わりに前記燃料ガスと比較して乾燥している前記前処理ガスを供給するステップを具備する、

請求項 7 又は 8 に記載の燃料電池システムの起動方法。

【請求項 10】前記燃料電池スタック内を流れる水を加熱し、前記燃料電池スタックへ供給するステップと、  
を更に具備する、

請求項 4 乃至 9 のいずれか一項に記載の燃料電池システムの起動方法。

【請求項 11】燃料電池スタックのアノード側へ、燃料ガスとしての第 1 燃料ガスを供給するステップと、

前記燃料電池スタックのカソード側へ、酸化ガスとしての第 1 酸化ガスを供給するステップと、

前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記カソード側へ、前記燃料ガスとしての第 2 燃料ガスを供給するステ

ップと、  
を具備する方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項12】燃料電池スタックのアノード側へ、燃料ガスとしての第1燃料ガスを供給するステップと、  
前記燃料電池スタックのカソード側へ、酸化ガスとしての第1酸化ガスを供給するステップと、  
前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記アノード側へ、前記酸化ガスとしての第2酸化ガスを供給するステップと、  
を具備する方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項13】燃料電池スタックの発電の停止中に、前記燃料電池スタックのカソード側へ、前記燃料電池スタックの運転に用いる酸化ガスと比較して乾燥しているガスとしての前処理ガスを供給するステップと、  
前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記カソード側へ、前記酸化ガスを供給するステップと、  
前記燃料電池スタックのアノード側へ、前記酸化ガスの圧力よりも高い圧力で燃料ガスを供給するステップと、  
を具備する方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項14】燃料電池スタックの発電の停止中に、前記燃料電池スタックのカソード側へ、前記燃料電池スタックの運転に用いる酸化ガスと比較して乾燥しているガスとしての前処理ガスを供給するステップと、  
前記燃料電池スタックを昇温する際に、前記燃料電池スタックのアノード側へ、燃料ガスを供給するステップと、  
前記カソード側へ、前記燃料ガスの圧力よりも高い圧力で酸化ガスを供給するステップと、  
を具備する方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池システム及び燃料電池システムの起動方法に関し、特に、燃料電池スタックの起動にかかる時間を短縮する燃料電池システム及び燃料電池システムの起動方法に関する。

【0002】

【従来の技術】固体高分子型の燃料電池スタックに燃料ガスと酸化ガスとを供給して発電する場合、起動時は、燃料電池スタックの温度が低い（常温）ため、十分な出力が得られない。これは、（1）電極触媒の温度が低く、触媒活性が低いこと、（2）電解質膜の温度が低いこと、（3）燃料電池スタックの温度が低いこと、水蒸気を含むガス（燃料ガス及び酸化ガス）を供給しても、水蒸気が凝縮してしまい、電解質膜に達することが出来ず、電解質膜を加湿することができないこと、電解質膜の抵抗

が高い、等の理由による。

【0003】燃料電池スタックの起動時の昇温方法としては、発電時に燃料電池スタックで発生する熱を逃がすために燃料電池スタック内を流通する冷却水を、起動時に所定の方法（例示：冷却水のラインに加熱装置を設ける）で加熱し、これを燃料電池スタックに通じて燃料電池スタックを加熱する方法が知られている。また、加湿方法としては、酸化ガス及び燃料ガスを加湿して供給することにより、電解質膜を加湿する方法が知られている。

【0004】冷却水は、燃料電池スタックのセパレータ内部に設けられた通路内を流れる。冷却水の熱は、セパレータを暖めた後、燃料電池セルを暖めることになる。従って、冷却水の熱が燃料電池セルまで伝わるのに、遅れがある。また、燃料ガスや酸化ガスも加熱して供給されるが、ガスであるため熱量が小さいので、燃料電池スタックの加熱には時間を要する。また、加湿した燃料ガス及び酸化ガスにより電解質膜を加湿するが、燃料電池スタックの温度が低いことため途中で水蒸気が凝縮し易い。また、電極部に多孔質のカーボン材が用いられ、電解質膜全面を覆っているため、水蒸気が電解質膜にまで到達するのに時間を要する。

【0005】車両用の燃料電池スタックなどは、起動から運転までの時間が出来るだけ短いことが期待されている。燃料電池システムの起動時間を短縮する技術が望まれている。燃料電池システムにおける燃料電池スタックの加熱時間を短縮する技術が求められている。燃料電池スタック中の燃料電池セルの加湿時間を短縮する技術が求められている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、起動にかかる時間を短縮することが可能な燃料電池システム及び燃料電池システムの起動方法を提供することである。

【0007】また、本発明の他の目的は、燃料電池スタックの加熱時間を短縮することが可能な燃料電池システム及び燃料電池システムの起動方法を提供することである。

【0008】本発明の更に他の目的は、燃料電池スタック中の燃料電池セルの加湿時間を短縮することが可能な燃料電池システム及び燃料電池システムの起動方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】以下に、【発明の実施の形態】で使用される番号・符号を用いて、課題を解決するための手段を説明する。これらの番号・符号は、【特許請求の範囲】の記載と【発明の実施の形態】との対応関係を明らかにするために括弧付きで付加されたものである。ただし、それらの番号・符号を、【特許請求の範囲】に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いて

はならない。

【0010】従って、上記課題を解決するために、本発明の燃料電池システムは、制御部(18)と、燃料電池スタック(3)と、第1燃料ガス流量制御部(7)と、第2燃料ガス流量制御部(8)と、第1酸化ガス流量制御部(9)とを具備する。第1燃料ガス流量制御部

(7)は、燃料電池スタック(3)のアノード側へ供給される燃料ガスとしての第1燃料ガス(Q)の流量を制御する。第2燃料ガス流量制御(8)部は、燃料電池スタック(3)のカソード側へ供給されるその燃料ガスとしての第2燃料ガス(Q')の流量を制御する。第1酸化ガス流量制御部(9)は、そのカソード側へ供給される酸化ガスとしての第1酸化ガス(P)の流量を制御する。そして、制御部(18)は、燃料電池スタック

(3)を昇温する際に、そのカソード側に、第2燃料ガス(Q')と第1酸化ガス(P)とが予め設定された割合で供給されるように第2燃料ガス流量制御部(8)と第1酸化ガス流量制御部(9)とを制御する。

【0011】また、本発明の燃料電池システムは、制御部(18)と、燃料電池スタック(3)と、第1燃料ガス流量制御部(7)と、第1酸化ガス流量制御部(9)と、第2酸化ガス流量制御部(10)とを具備する。第1燃料ガス流量制御部(7)は、燃料電池スタック

(3)のアノード側へ供給される燃料ガスとしての第1燃料ガス(Q)の流量を制御する。第1酸化ガス流量制御部(9)は、燃料電池スタック(3)のカソード側へ供給される酸化ガスとしての第1酸化ガス(P)の流量を制御する。第2酸化ガス流量制御部(10)は、そのアノード側へ供給されるその酸化ガスとしての第2酸化ガス(P')の流量を制御する。そして、制御部(18)は、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、そのアノード側へ、第1燃料ガス(Q)と第2酸化ガス(P')とが予め設定された割合で供給されるように第1燃料ガス流量制御部(7)と第2酸化ガス流量制御部(10)とを制御する。

【0012】更に、本発明の燃料電池システムは、燃料電池スタック(3)内を流れる水を加熱する加熱部

(5)を更に具備する。そして、制御部(18)は、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、その加熱を行うように加熱部(5)を制御する。

【0013】上記課題を解決するための、本発明の燃料電池システムの起動方法は、燃料電池スタック(3)のアノード側へ、燃料ガスとしての第1燃料ガス(Q)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)のカソード側へ、酸化ガスとしての第1酸化ガス(P)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、そのカソード側へ、その燃料ガスとしての第2燃料ガス(Q')を供給するステップとを具備する。

【0014】また、本発明の燃料電池システムの起動方法は、燃料電池スタック(3)のアノード側へ、燃料ガ

10

20

30

40

50

スとしての第1燃料ガス(Q)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)のカソード側へ、酸化ガスとしての第1酸化ガス(P)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、そのアノード側へ、その酸化ガスとしての第2酸化ガス(P')を供給するステップとを具備する。

【0015】また、本発明の燃料電池システムの起動方法は、燃料電池スタック(3)への供給前に、第1燃料ガス(Q)及び第1酸化ガス(P)を加湿するステップを更に具備する。

【0016】また、本発明の燃料電池システムの起動方法は、燃料電池スタック(3)の発電の停止中に、燃料電池スタック(3)のカソード側へ、燃料電池スタック(3)の運転に用いる酸化ガス(P)と比較して乾燥しているガスとしての前処理ガスを供給するステップと、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、そのカソード側へ、酸化ガス(P)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)のアノード側へ、酸化ガス(P)の圧力(A<sub>0</sub>)よりも高い圧力(A<sub>1</sub>)で燃料ガス(Q)を供給するステップとを具備する。

【0017】更に、本発明の燃料電池システムの起動方法は、燃料電池スタック(3)の発電の停止中に、燃料電池スタック(3)のカソード側へ、燃料電池スタック(3)の運転に用いる酸化ガス(P)と比較して乾燥しているガスとしての前処理ガスを供給するステップと、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、燃料電池スタック(3)のアノード側へ、燃料ガス(Q)を供給するステップと、そのカソード側へ、燃料ガス(Q)の圧力(A<sub>0</sub>)よりも高い圧力(A<sub>1</sub>)で酸化ガス(P)を供給するステップとを具備する。

【0018】更に、本発明の燃料電池システムの起動方法は、前処理ガスを供給するステップが、その発電の停止中に、そのカソード側の代わりにそのアノード側へ、酸化ガス(P)の代わりに燃料ガス(Q)と比較して乾燥しているその前処理ガスを供給するステップを具備する。

【0019】更に、本発明の燃料電池システムの起動方法は、燃料電池スタック(3)内を流れる水を加熱し、燃料電池スタック(3)へ供給するステップを更に具備する。

【0020】上記課題を解決するための本発明に関わるプログラムは、燃料電池スタック(3)のアノード側へ、燃料ガスとしての第1燃料ガス(Q)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)のカソード側へ、酸化ガスとしての第1酸化ガス(P)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、そのカソード側へ、その燃料ガスとしての第2燃料ガス(Q')を供給するステップとを具備する方法をコンピュータに実行させる。

【0021】また、本発明に関わるプログラムは、燃料

電池スタック(3)のアノード側へ、燃料ガスとしての第1燃料ガス(Q)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)のカソード側へ、酸化ガスとしての第1酸化ガス(P)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、そのアノード側へ、その酸化ガスとしての第2酸化ガス(P')を供給するステップとを具備する方法をコンピュータに実行させる。

【0022】更に、本発明に関わるプログラムは、燃料電池スタック(3)の発電の停止中に、燃料電池スタック(3)のカソード側へ、燃料電池スタック(3)の運転に用いる酸化ガス(P)と比較して乾燥しているガスとしての前処理ガスを供給するステップと、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、そのカソード側へ、酸化ガス(P)を供給するステップと、燃料電池スタック(3)のアノード側へ、酸化ガス(P)の圧力(A<sub>0</sub>)よりも高い圧力(A<sub>1</sub>)で燃料ガス(Q)を供給するステップとを具備する方法をコンピュータに実行させる。

【0023】更に、本発明に関わるプログラムは、燃料電池スタック(3)の発電の停止中に、燃料電池スタック(3)のカソード側へ、燃料電池スタック(3)の運転に用いる酸化ガス(P)と比較して乾燥しているガスとしての前処理ガスを供給するステップと、燃料電池スタック(3)を昇温する際に、燃料電池スタック(3)のアノード側へ、燃料ガス(Q)を供給するステップと、そのカソード側へ、燃料ガス(Q)の圧力(A<sub>0</sub>)よりも高い圧力(A<sub>1</sub>)で酸化ガス(P)を供給するステップとを具備する方法をコンピュータに実行させる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明である燃料電池システムの実施の形態に関して、添付図面を参照して説明する。なお、各実施の形態において同一又は相当部分には同一の符号を付して説明する。

【0025】(実施例1) 先ず、本発明である燃料電池システムの第1の実施の形態における構成について説明する。図1は、本発明である燃料電池システムの第1の実施の形態における構成を示す図である。燃料電池システムは、燃料ガス供給部1、酸化ガス供給部2、燃料電池スタック3、加熱部5、冷却部6、第1燃料ガス流量制御弁7、第2燃料ガス流量制御弁8、第1酸化ガス流量制御弁9、第2酸化ガス流量制御弁10、燃料ガス逆止弁11、酸化ガス逆止弁12、ダイオード13、出力スイッチ14、電圧センサ15、ポンプ17、制御部18を具備する。そして、負荷装置4に接続され、負荷装置4へ電力を供給している。そして、第1燃料ガス用の配管である第1燃料ガス配管21-1~21-3、第2燃料ガス用の配管である第2燃料ガス配管23-1~23-3、第1酸化ガス用の配管である第1酸化ガス配管22-1~22-3、第2酸化ガス用の配管である第2酸化ガス配管24-1~24-3、冷却水用の配管である冷却水配管20-1~20-4を有する。また、電気

用の配線である配線25-1~25-2を備える。

【0026】燃料ガス供給部1は、加湿部を有する。第1燃料ガス配管21-1-第1燃料ガス流量制御弁7-第1燃料ガス配管21-2を介して燃料電池スタック3のアノード側(燃料極)へ燃料ガスとしての第1燃料ガスの供給を行う。ここで、燃料ガスは、水素、又はメタンノールやメタン等の炭化水素系材料を改質して得られる水素リッチガスに例示される水素を含むガスであり、CO濃度は所定の量未満であり、加湿されている。ただし、燃料ガスが、炭化水素系材料であれば、内部に改質部、CO変成部を含む。また、燃料ガス供給部1は、第1燃料ガス配管21-1(の途中)-第2燃料ガス配管23-1-第2燃料ガス流量制御弁8-第2燃料ガス配管23-2-燃料ガス逆止弁11-第2燃料ガス配管23-3-第1酸化ガス配管22-2(の途中)を介して、燃料電池スタック3のカソード側(空気極)へ燃料ガスとしての第2燃料ガスの供給を行う。

【0027】酸化ガス供給部2は、内部に加湿部を有する。第1酸化ガス配管22-1-第1酸化ガス流量制御弁9-第1酸化ガス配管22-2を介して燃料電池スタック3のカソード側(空気極)へ酸化ガスとしての第1酸化ガスを供給する。ここで、酸化ガスは、酸素、又は空気に例示される酸素を含むガスであり、加湿されている。また、酸化ガス供給部2は、第1酸化ガス配管22-1(の途中)-第2酸化ガス配管24-1-第2酸化ガス流量制御弁10-第2酸化ガス配管24-2-酸化ガス逆止弁12-第2酸化ガス配管24-3-第1燃料ガス配管21-3(の途中)を介して、燃料電池スタック3のアノード側(燃料極)へ酸化ガスとしての第2酸化ガスの供給を行う。

【0028】燃料電池スタック3は、第1燃料ガス中の水素と第1酸化ガス中の酸素とを用いて発電を行う燃料電池セルの集合体(燃料電池セルを一つ又は直列に複数個接続したスタック)である。詳細は後述する。ここで、燃料電池スタック3は、単独のスタックの場合だけでなく、複数のスタックを直列に接続する場合(出力電圧を高くすることが出来る)や、並列に接続する場合(出力電流を多くすることが出来る)などが有る。また、燃料電池セルとしては、固体高分子型の他、リン酸型、熔融炭酸塩型、固体酸化物型等の燃料電池に例示される(ただし、実施例2では、固体高分子型である)。

【0029】第1燃料ガス流量制御部としての第1燃料ガス流量制御弁7は、第1燃料ガス配管21-1と第1燃料ガス配管21-2との間にあり、燃料ガス供給部1から燃料電池スタック3のアノード側へ供給する第1燃料ガスの流量(供給量)を制御する。第2燃料ガス流量制御部としての第2燃料ガス流量制御弁8は、第2燃料ガス配管23-1と第2燃料ガス配管23-2との間にあり、燃料ガス供給部1から燃料電池スタック3のカソード側へ供給する第2燃料ガスの流量(供給量)を制御

する。燃料ガス逆止弁11は、第2燃料ガス配管23-2と第2燃料ガス配管23-3との間にあり、第1酸化ガス配管22-2の第1酸化ガスが、第1燃料ガス配管21-1側へ逆流するのを防止する。

【0030】第1酸化ガス流量制御部としての第1酸化ガス流量制御弁9は、第1酸化ガス配管22-1と第1酸化ガス配管22-2との間にあり、酸化ガス供給部2から燃料電池スタック3のカソード側へ供給する第1酸化ガスの流量（供給量）を制御する。第2酸化ガス流量制御部としての第2酸化ガス流量制御弁10は、第2酸化ガス配管24-1と第2酸化ガス配管24-2との間にあり、酸化ガス供給部2から燃料電池スタック3のアノード側へ供給する第2酸化ガスの流量（供給量）を制御する。酸化ガス逆止弁12は、第2酸化ガス配管24-2と第2酸化ガス配管24-3との間にあり、第1燃料ガス配管21-2の第1燃料ガスが、第1酸化ガス配管22-1側へ逆流するのを防止する。

【0031】加熱部5は、起動時において、通常運転時に燃料電池スタック3を冷却するために循環させる水

（冷却水）を冷却水配管20-1経由で供給され、燃料電池スタック3を加熱するために加熱する。そして、加熱された冷却水を冷却水配管20-2経由で燃料電池スタック3へ供給する。加熱は、燃料ガス供給部1から燃料ガス、酸化ガス供給部2から酸化ガスの供給を受けて、それを燃焼する方法や、電気ヒータでの加熱などの方法を用いて行う。なお、燃料電池スタック3の起動時以外は、加熱を行わない。

【0032】冷却部6は、通常運転時に、燃料電池スタック3を通過して加熱された冷却水を、冷却水配管20-3経由で供給され、熱交換等の手法等により冷却する。そして、冷却された冷却水を冷却水配管20-4経由でポンプ17へ送出する。燃料電池スタック3の起動時には、冷却を行わない。

【0033】ポンプ17は、冷却された冷却水を冷却水配管20-4から供給され、冷却水配管20-1へ吐出する。ポンプ17により、冷却水は、冷却水配管20-1～20-4を介して、ポンプ17-加熱部5-燃料電池スタック3-冷却部6-ポンプ17の順で循環する。

【0034】ダイオード13は、燃料電池スタック3の電流としてのスタック電流 $I_s$ の向きを一方向に制限する。配線25-1の途中に直列に接続している。出力スイッチ14は、スイッチON/OFFにより、燃料電池スタック3と負荷装置4との電氣的接続をON/OFFする。起動時には、OFFになっている。

【0035】電圧センサ15は、燃料電池スタック3の電圧であるスタック電圧 $V_s$ を測定する。一方の端子を、燃料電池スタック3から電力を取り出す配線25-1に、他方の端子を配線25-2へ接続している。測定されたスタック電圧 $V_s$ は、制御部18へ出力される。

【0036】制御部18は、燃料電池システム全体（燃

料ガス供給部1、酸化ガス供給部2、燃料電池スタック3、加熱部5、冷却部6、第1燃料ガス流量制御弁7、第2燃料ガス流量制御弁8、第1酸化ガス流量制御弁9、第2酸化ガス流量制御弁10、出力スイッチ14、電圧センサ15、ポンプ17を含む）を制御する。また、記憶部（図示せず）に、図4に示すタイムスケジュールや、温度と開放電圧との関係を示すテーブルを有する。

【0037】負荷装置4は、車両用燃料電池システムの場合には、車両駆動用のインバータ、モータ等である。据置型の燃料電池システムの場合には、商用インバータ等である。

【0038】次に、図2を参照して、燃料電池セルについて説明する。図2は、燃料電池セル30及びセパレータ34を説明する断面図である。固体高分子型燃料電池は、基本構造として2つのセパレータ34と、それらに挟まれた燃料電池セル30とを備える。

【0039】燃料電池セル30は、燃料極32、空気極33、電解質膜31を有する。電解質膜31は、燃料極32及び空気極33に挟まれ、これら電極経由で供給される第1燃料ガス中の水素および第1酸化ガス中の酸素を用いて、電気化学反応（電池反応）により発電を行う。電解質膜31は、パーフルオロスルホン酸膜のようなイオン交換樹脂の膜に例示される。燃料極32及び空気極33は、それぞれ第1燃料ガス及び第1酸化ガスを流通させ、第1燃料ガス中の水素と第1酸化ガス中の酸素とによる電気化学反応を媒介する。電池反応に伴う電子の通路でもある。燃料極32及び空気極33は、発電した電力を取り出すための集電層及び、電池反応に関わる反応層（触媒層）を含む。また、燃料電池スタック3の起動時には、燃料極32及び空気極33は、酸化ガスと燃料ガスとを同時に供給され、燃料ガスの酸化反応により発熱し、水を生成する。

【0040】セパレータ34は、一方の面において燃料電池セル30のアノード側へ第1燃料ガスを供給する燃料ガス通路35と、他方の面において燃料電池セル30のカソード側へ酸化ガスを供給する酸化ガス通路36とを有する。また、燃料ガス通路35と酸化ガス通路36との間に設けられ、燃料電池スタック3を冷却する（起動時には加熱する）冷却水を供給する冷却水通路37を有する。また、各燃料電池セル30同士を電氣的に接合する。セパレータ34の材質は、カーボン（グラファイト）コンポジット等に例示される。また、燃料電池スタック3の起動時には、燃料ガス通路35は、第1燃料ガスと第2酸化ガスをと流通する。又は、酸化ガス通路36は、第2燃料ガスと第1酸化ガスをと流通する。

【0041】次に、燃料電池スタックの構成について図3を参照して説明する。図3は、燃料電池スタック3の構成を示す斜視図である。燃料電池スタック3は、セパレータ34-1～34-n（nは2以上の自然数、以下

同じ)、燃料電池セル30-1~30-n-1、発電部39、集電プレート40、絶縁プレート41、エンドプレート42、集電プレート46、絶縁プレート47、エンドプレート48、燃料ガス導入口43、冷却水導入口44、酸化ガス導入口45、酸化ガス排出口49、冷却水排出口50、燃料ガス排出口51を具備する。

【0042】発電部39は、燃料電池スタック3において、発電を行う部分であり、燃料電池セル30-s ( $s=1\sim n-1$ 、自然数、以下同じ)が、セパレータ34-r ( $r=s$ 及び $r=s+1$ )を介して直列に接続されている。セパレータ34-r ( $r=s$ 及び $r=s+1$ )は、燃料電池セル30-sの両側に配設され、隣接する燃料電池セル30同士を電氣的に接続する。セパレータ34-r及び燃料電池セル30-sは、図2での説明の通りである。

【0043】集電プレート40及び集電プレート46は、燃料電池セル30-1~30-n-1で発電された電力を集電し、外部へ取り出すための電極である。絶縁プレート41及び絶縁プレート47は、集電プレート40及び集電プレート46と、エンドプレート42及びエンドプレート48とを絶縁する。エンドプレート42及びエンドプレート48は、発電部39を両側から挟みこむ。また、エンドプレート42には燃料ガス導入口43、冷却水導入口44及び酸化ガス導入口45が設けられている。燃料電池スタック3へ、それぞれ燃料ガス(燃料電池スタック3起動時は、燃料ガスと酸化ガス)、冷却水及び酸化ガス(燃料電池スタック3起動時は、燃料ガスと酸化ガス)を供給する。同様にエンドプレート48には、酸化ガス排出口49、冷却水排出口50及び燃料ガス排出口51が設けられている。燃料電池スタック3から、それぞれ酸化ガス、冷却水及び燃料ガスを排出する。

【0044】次に、本発明である燃料電池システムの第1の実施の形態における動作(燃料電池システムの起動方法)について、図1、図4、図7を参照して説明する。

【0045】まず、図7について説明する。図7(a)は、本発明の燃料電池システムの起動方法の原理を示す図である。電解質膜31と燃料極32と空気極33とを有する燃料電池セル30において、アノード側(燃料極32)に第1燃料ガス(図中、 $H_2$ )に加えて第2酸化ガス(図中、 $O_2$ )を供給する。そうすることにより、燃料極32の触媒層上で第1燃料ガスの酸化反応( $H_2 + 1/2 \cdot O_2 \rightarrow H_2O$ )により、生成水と反応熱が発生する。同様に、カソード側(空気極33)に第1酸化ガス(図中、 $O_2$ )に加えて第2燃料ガス(図中、 $H_2$ )を供給する。そうすることにより、空気極33の触媒層上で第2燃料ガスの酸化反応( $H_2 + 1/2 \cdot O_2 \rightarrow H_2O$ )により、生成水と反応熱が発生する。そして、その生成水で電解質膜31が加湿される。また、反

応熱で燃料電池セル30が加熱され、結果として燃料電池スタック3が加熱される。すなわち、起動時の加熱及び加湿を行なうことが可能となる。この加熱及び加湿は、加熱及び加湿が必要な場所で行えるので、非常に効率的で短時間に昇温及び加湿を達成することが出来る。

【0046】次に、図4について説明する。

【0047】図4は、燃料電池システムの起動時の動作を示すタイミングチャートである。ここで、(a)燃料電池スタック3の温度Tと時間tとの関係、(b)燃料電池スタック3のアノード側に供給される第1燃料ガスQ及び第2酸化ガスP'の流量と時間tとの関係、

(c)燃料電池スタック3のカソード側に供給される第1酸化ガスP及び第2燃料ガスQ'の流量と時間tとの関係、である。縦軸は、それぞれ(a)燃料電池スタック3の温度T、(b)第1燃料ガスQと第2酸化ガスP'の流量(供給量)、(c)第1酸化ガスPと第2燃料ガスQ'の流量(供給量)、であり、横軸は、時間tである。

【0048】この図4のような燃料電池システムの起動時の動作を示すタイミングチャートを示すデータ、及び温度と開放電圧との関係を示すデータ(テーブル)は、制御部18の記憶部(図示せず)に格納され、制御部18の制御に用いられる。

【0049】以下に動作を説明する。本実施例では、燃料ガスとして水素、酸化ガスとして空気を用いるものとする。

【0050】(1)ステップS01(時間0)

燃料ガス供給部1は、水素を第1及び第2燃料ガスとして供給可能な状態である。このとき、第1燃料ガスQの流量(図4(b))=0、第2燃料ガスQ'の流量(図4(c))=0、である。

【0051】酸化ガス供給部2は、空気を第1及び第2酸化ガスとして供給可能な状態である。このとき、第1酸化ガスPの流量(図4(c))=0、第2酸化ガスP'の流量(図4(b))=0、である。

【0052】冷却水の循環するライン(冷却水配管20-1~20-4、以下、冷却水循環ライン)では、冷却水の循環は行っていない。加熱部5の温度は室温である。

【0053】燃料電池スタック3は、温度T(図4(a))=室温(R.T.)、である。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0054】(2)ステップS02(時間0~ $t_{11}$ )  
ユーザー等は、燃料電池システムをONにする。制御部18は、燃料電池システムの起動を開始する。制御部18は、第1燃料ガス流量制御弁7の制御により、燃料ガス供給部1から、第1燃料ガスQを燃料電池スタック3のアノード側へ供給する。その際、流量は、徐々に増加させ、最終的に $Q_0$ にする。このとき、第1燃料ガスQの流量(図4(b))=0~ $Q_0$ 、第2燃料ガスQ'の

流量(図4(c))=0、である。

【0055】制御部18は、第1酸化ガス流量制御弁9の制御により、酸化ガス供給部2から、第1酸化ガスPを燃料電池スタック3のカソード側へ供給する。その際、流量は、徐々に増加させ、最終的に $P_0$ にする。このとき、第1酸化ガスPの流量(図4(c))=0~ $P_0$ 、第2酸化ガスP'の流量(図4(b))=0、である。

【0056】制御部18は、ポンプ17を定常運転させ、冷却水循環ラインに冷却水を定常的に循環させている。また、制御部18は、加熱部5をONにし、冷却水を加熱する。加熱された冷却水は、冷却水循環ラインを循環している。

【0057】燃料電池スタック3は、加熱された冷却水の供給を受けて、徐々に加熱されている。温度Tは、室温(R、T。)から徐々に高くなっている(図4(a))。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0058】(3)ステップS03(時間 $t_{11}$ ~ $t_{12}$ )

制御部18は、所定の時間 $t_{11}$ 経過後において、第1燃料ガス流量制御弁7の制御により、燃料ガス供給部1から、第1燃料ガスQを燃料電池スタック3のアノード側へ流量 $Q_0$ で供給している。同時に、制御部18は、第2燃料ガス流量制御弁8の制御により、燃料ガス供給部1から、第2燃料ガスQ'を燃料電池スタック3のカソード側へ供給する。その際、流量は、徐々に増加させ、最終的に $Q_0'$ にする。このとき、第1燃料ガスQの流量(図4(b))= $Q_0$ 、第2燃料ガスQ'の流量(図4(c))=0~ $Q_0'$ 、である。ただし、水素の空気中の爆発限界が4~75%なので、安全のために第2燃料ガスQ'の最大流量 $Q_0'$ は、第1酸化ガスPの流量 $P_0$ に対し、 $Q_0'/(P_0+Q_0')<4\%$ とする。また、第2燃料ガスQ'の割合が小さいと、加熱及び加湿の効果が少なくなる。従って、 $1\% \leq Q_0'/(P_0+Q_0')<4\%$ 、が好ましい。より好ましくは、 $3.0\% \leq Q_0'/(P_0+Q_0') \leq 3.5\%$ 、である。

【0059】制御部18は、第1酸化ガス流量制御弁9の制御により、酸化ガス供給部2から、第1酸化ガスPを燃料電池スタック3のカソード側へ流量 $P_0$ で供給している。同時に、制御部18は、第2酸化ガス流量制御弁10の制御により、酸化ガス供給部2から、第2酸化ガスP'を燃料電池スタック3のアノード側へ供給する。その際、流量は、徐々に増加させ、最終的に $P_0'$ にする。このとき、第1酸化ガスPの流量(図4(c))= $P_0$ 、第2酸化ガスP'の流量(図4(b))=0~ $P_0'$ 、である。ただし、水素の空気中の爆発限界が4~75%なので、安全のために第2酸化ガスP'の最大流量 $P_0'$ は、第1燃料ガスQの流量 $Q_0$ に対し、 $75\% < Q_0/(Q_0+P_0')$ とする。ま

た、第2酸化ガスP'の割合が小さいと、加熱及び加湿の効果が少なくなる。従って、 $75\% < Q_0/(Q_0+P_0')<99\%$ 、が好ましい。より好ましくは、 $80\% \leq Q_0/(Q_0+P_0') \leq 95\%$ 、である。

【0060】制御部18は、ポンプ17を定常運転させ、冷却水循環ラインに冷却水を定常的に循環させている。また、加熱部5では、冷却水の加熱を行っている。加熱された冷却水は、冷却水循環ラインを循環している。

【0061】燃料電池スタック3のアノード側には、第1燃料ガスQと第2酸化ガスP'とが供給される。そして、燃料極32の触媒層上における、第1燃料ガスQ(水素)と第2酸化ガスP'(空気)との酸化反応(発熱反応)により、反応熱と反応生成物としての水(生成水)とが生成される。すなわち、反応熱により燃料電池セル30を直接加熱することが出来る。それと同時に、生成水により、電解質膜31を直接加湿することが出来る。

【0062】同時に、燃料電池スタック3のカソード側には、第1酸化ガスPと第2燃料ガスQ'とが供給される。そして、空気極33の触媒層上における、第1酸化ガスP(空気)と第2燃料ガスQ'(水素)との酸化反応(発熱反応)により、反応熱と生成水が生成される。すなわち、反応熱により燃料電池セル30を直接加熱することが出来る。それと同時に、生成水により、電解質膜31を直接加湿することが出来る。

【0063】燃料電池スタック3は、加熱された冷却水の供給に加えて、反応熱により、徐々に更に加熱されている。温度Tは、室温(R、T。)から徐々に高くなっている(図4(a))。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0064】(4)ステップS04(時間 $t_{12}$ ~ $t_{13}$ )

制御部18は、第1燃料ガス流量制御弁7の制御により、燃料ガス供給部1から、第1燃料ガスQを燃料電池スタック3のアノード側へ流量 $Q_0$ で供給している。同時に、制御部18は、第2燃料ガス流量制御弁8の制御により、燃料ガス供給部1から、第2燃料ガスQ'を燃料電池スタック3のカソード側へ流量 $Q_0'$ で供給している。このとき、第1燃料ガスQの流量(図4(b))= $Q_0$ 、第2燃料ガスQ'の流量(図4(c))= $Q_0'$ 、である。

【0065】制御部18は、第1酸化ガス流量制御弁9の制御により、酸化ガス供給部2から、第1酸化ガスPを燃料電池スタック3のカソード側へ流量 $P_0$ で供給している。同時に、制御部18は、第2酸化ガス流量制御弁10の制御により、酸化ガス供給部2から、第2酸化ガスP'を燃料電池スタック3のアノード側へ流量 $P_0'$ で供給している。このとき、第1酸化ガスPの流量(図4(c))= $P_0$ 、第2酸化ガスP'の流量(図



4 (b)) =  $P_0$ 、である。

【0066】制御部18は、ポンプ17を定常運転させ、冷却水循環ラインに冷却水を定常的に循環させている。また、加熱部5では、冷却水の加熱を行っている。加熱された冷却水は、冷却水循環ラインを循環している。

【0067】燃料電池スタック3のアノード側での酸化反応による反応熱と生成水とにより、燃料電池セル30を直接加熱することが出来、同時に、電解質膜31を直接加湿することが出来る。

【0068】同時に、燃料電池スタック3のカソード側での酸化反応による反応熱と生成水とにより、燃料電池セル30を直接加熱することが出来、同時に、電解質膜31を直接加湿することが出来る。

【0069】燃料電池スタック3は、加熱された冷却水と反応熱により、加熱されている。温度Tは、最終的に運転温度T<sub>0</sub>へ達する。(図4(a))。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0070】(5)ステップS05(時間t<sub>13</sub>～)制御部18は、電池スタックに取り付けた温度センサーに基づいて、運転温度T<sub>0</sub>であることを確認する。そして、第2燃料ガス流量制御弁8を閉止し、第2燃料ガスQ'を0とする。それと同時に、燃料ガス供給部1から、加湿された第1燃料ガスQを燃料電池スタック3のアノード側へ流量Q<sub>0</sub>で供給する。なお、燃料電池スタック3の運転条件により、流量を変更しても良い。このとき、第1燃料ガスQの流量(図4(b)) = Q<sub>0</sub>、第2燃料ガスQ'の流量(図4(c)) = 0、である。

【0071】制御部18は、第2燃料ガスQ'を0にするのと同時に、第2酸化ガス流量制御弁10を閉止し、第2酸化ガスP'を0とする。それと同時に、酸化ガス供給部2から、加湿された第1酸化ガスPを燃料電池スタック3のカソード側へ流量P<sub>0</sub>で供給する。なお、燃料電池スタック3の運転条件により、流量を変更しても良い。このとき、第1酸化ガスPの流量(図4(c)) = P<sub>0</sub>、第2酸化ガスP'の流量(図4(b)) = 0、である。

【0072】制御部18は、加熱部5をOFFにして、冷却水の加熱を終了する。ただし、ポンプ17による冷却水循環ラインに冷却水を定常的に循環させる動作は継続する。そして、発電が開始された場合には、冷却部6をONにして、冷却部6での冷却水の冷却を開始する。

【0073】燃料電池スタック3のアノード側及びカソード側での酸化反応は終了する。そして、反応熱と生成水とによる燃料電池セル30の直接加熱及び電解質膜31の直接加湿を終了する。燃料電池スタック3は、運転温度T<sub>0</sub>であり、電解質膜31の加湿状態も十分である。制御部18は、出力スイッチ14をONにして、負荷装置4に対して、燃料電池スタック3の電力の供給を開始する。

【0074】燃料電池スタック3の発電で発生する熱は、冷却水により持ち去られる。発熱する熱の大きさ(燃料電池スタック3通過後の冷却水の水温で検出)により、制御部18は、ポンプ17の吐出量や、冷却部6の冷却能力の調節を行う。温度Tは、燃料電池スタック3の運転温度T<sub>0</sub>を維持される(図4(a))。

【0075】上記のステップS01～ステップS04により、燃料電池システムの起動(運転温度への昇温、電解質膜の加湿)が終了する。そして、ステップS05のようにして、通常の運転状態となる。

【0076】本実施例では、アノード側及びカソード側の両方へ燃料ガス及び酸化ガスを供給して酸化反応を起こさせている。ただし、一方の側だけに酸化反応を起こさせるだけでも、本発明の燃料電池システムの起動は可能である。その場合、流量制御弁や逆止弁及びその配管が不要となり、システムがコンパクト化できる。

【0077】本実施例では、電解質膜31の加湿を酸化反応による生成水のみで行っているが、加湿された第1燃料ガスQ及び第1酸化ガスPを燃料電池スタック3へ供給することにより、加湿を行うことも可能である。その場合、加湿にかかる時間が短縮される。

【0078】本実施例では、加熱部5を用いた冷却水の加熱による燃料電池スタック3の加熱を同時に行っている。ただし、加熱部5を用いない場合でも、酸化反応は室温で触媒層上において起きるので、本発明による燃料電池スタック3の運転温度への加熱は可能である。その場合、加熱部5を省略することが出来る。

【0079】また、本実施例では、燃料ガスとして水素を用いているが、炭化水素系のガスを改質した水素を含む燃料ガスを用いることも可能である。

【0080】本発明においては、燃料電池スタックのセパレータ内部に設けられた通路内を流れる冷却水による加熱、及び、燃料ガスや酸化ガスによる加熱を用いるだけでなく、燃料電池スタック3の燃料電池セル30の燃料極32上及び空気極33上での酸化反応に伴う反応熱を用いて加熱を行っている。すなわち、燃料電池スタック3(の燃料電池セル30)自身で発生する熱により加熱するので、加熱の効率が非常に高い。そのため、非常に短時間での昇温が可能となる。

【0081】また、酸化反応の際、反応により生成する生成水を用いて、電解質膜31を加湿している。すなわち、燃料電池スタック3(の燃料電池セル30)上に水が供給されることになり、加湿の効率が非常に高くなる。そのため、非常に短時間での加湿が可能となる。

【0082】本発明により、燃料電池システム起動時に、燃料電池スタックの燃料極及び空気極上で酸化反応を起こし、燃料電池セルで発熱及び生成水を発生させることにより、直接燃料電池セルを暖気、加湿することが出来る。そして、燃料電池システム全体の起動時間を大幅に短縮することが可能となる。



【0083】（実施例2）次に、本発明である燃料電池システムの第2の実施の形態における構成について説明する。図5は、本発明である燃料電池システムの第2の実施の形態における構成を示す図である。燃料電池システムは、燃料ガス供給部1、酸化ガス供給部2、燃料電池スタック3、加熱部5、冷却部6、第1燃料ガス流量制御弁7、第1酸化ガス流量制御弁9、ダイオード13、出力スイッチ14、電圧センサ15、燃料ガス圧力計16、酸化ガス圧力計19、ポンプ17、制御部18を具備する。そして、負荷装置4に接続され、負荷装置4へ電力を供給している。そして、第1燃料ガス用の配管である第1燃料ガス配管21-1~21-3、第1酸化ガス用の配管である第1酸化ガス配管22-1~22-3、冷却水用の配管である冷却水配管20-1~20-4を有する。また、電気用の配線である配線25-1~25-2を備える。

【0084】本実施例では、アノード側の燃料ガスを、乾燥した電解質膜中へ拡散（透過）させ、空気極上で酸化反応を起こさせる点が実施例1と異なる。酸化反応で生成した反応熱で燃料電池セルを加熱し、生成水で、電解質膜を加湿する。加湿により、電解質膜のガス透過率が低下し、燃料ガスの電解質中への拡散は自動停止する。また、本実施例では、アノード側への酸化ガスの供給、カソード側への燃料ガスの供給は行わない。そのため、それに関連した構成は用いない。

【0085】燃料ガス圧力計16は、第1燃料ガス配管21-1~21-2を介して燃料電池スタック3のアノード側へ供給される燃料ガスの圧力を、第1燃料ガス配管21-2において測定する。測定結果は制御部18へ出力される。酸化ガス圧力計19は、第1酸化ガス配管22-1~22-2を介して燃料電池スタック3のカソード側へ供給される酸化ガスの圧力を、第1酸化ガス配管22-2において測定する。測定結果は制御部18へ出力される。

【0086】その他の構成は、実施例1と同様であるので、その説明を省略する。

【0087】次に、本発明である燃料電池システムの第2の実施の形態における動作（燃料電池システムの起動方法）について、図5、図6、図7を参照して説明する。

【0088】まず、図7について説明する。図7（b）は、本発明の燃料電池システムの起動方法の原理を示す図である。電解質膜31は、起動時において乾燥し、内部の水分が減少しているためガス透過性を有する。アノード側（燃料極32）に燃料ガス（図中、 $H_2$ ）、カソード側（空気極33）に酸化ガス（図中、 $O_2$ ）を供給する。燃料ガスの圧力<酸化ガスの圧力とする。電解質膜31は、ガス透過性があるため、アノード側の燃料ガスは、電解質膜31を透過し、空気極33へ達する。そして、拡散してきた燃料ガスは、空気極33の触媒層上

でカソード側の酸化ガスと酸化反応（ $H_2 + 1/2 \cdot O_2 \rightarrow H_2O$ ）を起し、生成水と反応熱を発生する。そして、その生成水で電解質膜31が加湿される。また、反応熱で燃料電池セル30が加熱され、結果として燃料電池スタック3が加熱される。すなわち、起動時の加熱及び加湿を行なうことが可能となる。この加熱及び加湿は、加熱及び加湿が必要な場所で行えるので、非常に効率的で短時間に昇温及び加湿を達成することが出来る。

【0089】また、燃料ガスの圧力<酸化ガスの圧力とすることで、カソード側の酸化ガスは、電解質膜31を透過し、燃料極32へ達する。そして、拡散してきた酸化ガスは、燃料極32の触媒層上でアノード側の酸化ガスと酸化反応（ $H_2 + 1/2 \cdot O_2 \rightarrow H_2O$ ）を起し、生成水と反応熱を発生する。その生成熱及び反応熱で電解質膜31が加湿され、燃料電池セル30が加熱され、結果として燃料電池スタック3が加熱される。

【0090】次に、図6について説明する。

【0091】図6は、燃料電池システムの起動時の動作を示すタイミングチャートである。ここで、（a）燃料電池スタック3の温度Tと時間tとの関係、（b）燃料電池スタック3のアノード側に供給される燃料ガスQの流量と時間tとの関係、（c）燃料電池スタック3のカソード側に供給される酸化ガスPの流量と時間tとの関係、（d）燃料ガスQの圧力及び酸化ガスPの圧力と時間tとの関係、である。縦軸は、それぞれ（a）燃料電池スタック3の温度T、（b）燃料ガスQの流量（供給量）、（c）酸化ガスPの流量（供給量）、（d）燃料ガスQの圧力及び酸化ガスPの圧力、であり、横軸は時間tである。

【0092】この図4のような燃料電池システムの起動時の動作を示すタイミングチャートを示すデータは、予め実験的に決定される。そして、制御部18の記憶部（図示せず）に格納され、制御部18の制御に用いられる。

【0093】本実施例では、燃料ガスの原料となる原燃料ガスとして水素、酸化ガスとして空気を用いるものとする。

（1）ステップS11（時間 $t_{20} \sim t_{21}$ ）

燃料ガス供給部1は、燃料電池スタック3のアノード側へ水素を燃料ガスとして供給している。このとき、燃料ガスQの流量（図6（b））=  $Q_0$ 、燃料ガスQの圧力  $A(Q) = A_0$ 、である。

【0094】酸化ガス供給部2は、燃料電池スタック3のカソード側へ空気を酸化ガスとして供給している。このとき、酸化ガスPの流量（図6（c））=  $P_0$ 、酸化ガスPの圧力  $A(P) = A_0$ 、である。

【0095】冷却水の循環するライン（冷却水配管20-1~20-4、以下、冷却水循環ライン）では、冷却部6及びポンプ17はONであり、冷却水の循環を行っている。加熱部5はOFFである。

10

20

30

40

50

【0096】燃料電池スタック3は、温度 $T$ （図6（a））= $T_0$ （運転温度）である。出力スイッチ14は、ON状態である。

【0097】（2）ステップS12（時間 $t_{21} \sim t_{22}$ ）

ユーザー等は、燃料電池システムをOFFにする。制御部18は、燃料電池システムの停止動作を開始する。制御部18の制御により、燃料ガス供給部1は、燃料電池スタック3のアノード側への燃料ガスの供給を停止する。このとき、燃料ガスQの流量（図6（b））=0、燃料ガスQの圧力 $A(Q) = A_0$ 。（燃料ガスの供給は行わないが、内部に燃料ガスが存在）、である。

【0098】制御部18の制御により、酸化ガス供給部2は、燃料電池スタック3のカソード側へ空気を酸化ガスとして供給している。ただし、このときの酸化ガスPは、加湿を行っていない酸化ガスを供給する。加湿を行っていない酸化ガスとは、燃料電池スタック3の運転時に使用する際に行う加湿を行っていない（ボンベや大気中から取りこまれたままの）酸化ガスである。すなわち、燃料電池スタック3の運転時に使用する酸化ガス（加湿済み）に比較して乾燥している。この乾燥した酸化ガスの供給により、電解質膜31中の水分が乾燥した酸化ガスに奪われて、乾燥して行く。ガス透過性が全く無かった電解質膜31は、乾燥によりクロスオーバーと呼ばれるガス透過性を有するようになる。なお、乾燥した酸化ガスの流量や供給時間、供給時の燃料電池セルの温度は、実験により決定される。このとき、酸化ガスPの流量（図6（c））= $P_0$ 、酸化ガスPの圧力 $A(P) = A_0$ 、である。

【0099】冷却水の循環するライン（冷却水配管20-1～20-4、以下、冷却水循環ライン）では、冷却部6及びポンプ17はONであり、冷却水の循環を行っている。加熱部5はOFFである。

【0100】制御部18の制御により、燃料電池スタック3は、発電を停止される。それにより、温度 $T$ は徐々に低下する。温度 $T$ （図6（a））= $T_0 \sim T_0'$ である。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0101】（3）ステップS13（時間 $t_{22} \sim t_{23}$ ）

燃料ガス供給部1は、燃料電池スタック3のアノード側への燃料ガスの供給を停止している。このとき、燃料ガスQの流量（図6（b））=0、燃料ガスQの圧力 $A(Q) = A_0$ 。（燃料ガスの供給は行わないが、内部に燃料ガスが存在）、である。なお、内部のガスは、不活性ガスに置換しても良い。その場合、安全性が向上する。

【0102】制御部18の制御により、酸化ガス供給部2は、燃料電池スタック3のカソード側への燃料ガスの供給を停止する。このとき、第1酸化ガスPの流量（図4（c））=0、酸化ガスPの圧力 $A(P) = A_0$ 。（酸化ガスの供給は行わないが、内部に酸化ガスが存在）、

である。

【0103】冷却水の循環するライン（冷却水配管20-1～20-4、以下、冷却水循環ライン）では、冷却部6及びポンプ17は、燃料電池スタック3の温度が室温になった後、OFFとなる。加熱部5はOFFである。

【0104】燃料電池スタック3は、発電を停止している。温度 $T$ は徐々に低下し、温度 $T$ （図6（a））= $T_0' \sim 0$ （又は、室温でも可）である。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0105】（4）ステップS14（時間 $t_{23} \sim t_{24}$ ）

ユーザー等は、燃料電池システムをONにする。制御部18は、燃料電池システムの起動を開始する。制御部18は、第1燃料ガス流量制御弁7の制御により、燃料ガス供給部1から加湿を行っていない燃料ガスQを燃料電池スタック3のアノード側へ供給する。その際、流量は、徐々に増加させ、最終的に $Q_0$ にする。また、制御部18は、その圧力を所定の値 $A_1$ になるように燃料ガス供給部1を制御する。その圧力 $A_1$ は、カソード側の圧力 $A(P) = A_0$ 以上の値とすることが好ましい。それにより、燃料ガス中の水素が、乾燥した電解質膜31中をカソード側へ透過し易くなる。ここで、圧力 $A_1$ の上限は、アノード側の圧力とカソード側の圧力との差により、電解質膜31が破損しない最大の圧力であり、圧力 $A_1$ の下限は、カソード側の水素がアノード側へ拡散可能な最小の圧力である。ただし、水素の拡散により生成される（後述）水によりガス透過性が低下するため、十分な加湿及び加熱を行うためには、ある程度高目の圧力 $A_1$ が要求される。その値は、実験的に決定される。水素のカソード側への拡散により、空気極33の触媒層上で酸化反応が発生する。その反応熱により燃料電池セル30を加熱することが出来る。また、酸化反応の際に生成する水により、電解質膜31を加湿することが出来る。このとき、第1燃料ガスQの流量（図6（b））=0～ $Q_0$ 、燃料ガスQの圧力 $A(Q) = A_0 \sim A_1$ 、である。

【0106】制御部18は、第1酸化ガス流量制御弁9の制御により、酸化ガス供給部2から、加湿を行っていない酸化ガスPを燃料電池スタック3のカソード側へ供給する。その際、流量は、徐々に増加させ、最終的に $P_0$ にする。このとき、酸化ガスPの流量（図6（c））=0～ $P_0$ 、酸化ガスPの圧力 $A(P) = A_0$ 、である。

【0107】制御部18は、ポンプ17を定常運転させ、冷却水循環ラインに冷却水を定常的に循環させている。また、制御部18は、加熱部5をONにし、冷却水を加熱する。加熱された冷却水は、冷却水循環ラインを循環している。

【0108】燃料電池スタック3は、加熱された冷却水

の供給、及び、電解質膜31中をカソード側へ拡散した水素の空気極33上での酸化反応を受けて、徐々に加熱されている。温度Tは、室温(R. T.)から徐々に高くなっている(図6(a))。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0109】(5)ステップS15(時間 $t_{24} \sim t_{25}$ )

制御部18は、燃料ガス供給部1から、安定的に燃料ガスQを燃料電池スタック3のアノード側へ流量 $Q_0$ で供給している。このとき、燃料ガスQの流量(図6

(b)) $=Q_0$ 、燃料ガスQの圧力 $A(Q)=A_1$ 、である。

【0110】制御部18は、酸化ガス供給部2から、安定的に酸化ガスPを燃料電池スタック3のカソード側へ流量 $P_0$ で供給している。このとき、第1酸化ガスPの流量(図4(c)) $=P_0$ 、酸化ガスPの圧力 $A(P)=A_0$ 、である。

【0111】制御部18は、ポンプ17を定常運転させ、冷却水循環ラインに冷却水を定常的に循環させている。また、加熱部5では、冷却水の加熱を行っている。加熱された冷却水は、冷却水循環ラインを循環している。

【0112】燃料電池スタック3のアノード側には、燃料ガスQが供給される。燃料ガスQの一部は、電解質膜31中を拡散し、空気極33の触媒層へ達する。一方、カソード側には、酸化ガスPが供給される。酸化ガスPは、空気極33の触媒層へ達する。そして、空気極33の触媒層上において、燃料ガスQ(水素)と酸化ガスP(空気)とが酸化反応(発熱反応)を行い、反応熱と反応生成物としての水(生成水)とが生成される。すなわち、反応熱により燃料電池セル30を直接加熱することが出来る。それと同時に、生成水により、電解質膜31を直接加湿することが出来る。時間 $t_{24} \sim t_{25}$ は、実験的に決定されている。

【0113】燃料電池スタック3は、加熱された冷却水の供給に加えて、反応熱により、徐々に更に加熱されている。温度Tは、室温(R. T.)から徐々に高くなり、運転温度 $T_0$ に近づく(図6(a))。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0114】(6)ステップS16(時間 $t_{25} \sim t_{26}$ )

制御部18は、電池スタックに取り付けた温度センサーに基づいて、運転温度 $T_0$ に近づいたことを検出する。そして、燃料ガス供給部1を制御して、アノード側の燃料ガスQの圧力を $A_0$ に戻す。このとき、燃料ガスQの流量(図6(b)) $=Q_0$ 、燃料ガスQの圧力 $A(Q)=A_1 \sim A_0$ 、である。

【0115】制御部18は、第1酸化ガス流量制御弁9の制御により、酸化ガス供給部2から、酸化ガスPを燃料電池スタック3のカソード側へ流量 $P_0$ で供給してい

る。このとき、酸化ガスPの流量(図6(c)) $=P_0$ 、酸化ガスPの圧力 $A(P)=A_0$ 、である。

【0116】制御部18は、ポンプ17を定常運転させ、冷却水循環ラインに冷却水を定常的に循環させている。また、加熱部5では、冷却水の加熱を行っている。加熱された冷却水は、冷却水循環ラインを循環している。

【0117】燃料電池スタック3のカソード側での酸化反応による反応熱と生成水とにより、燃料電池セル30を直接加熱することが出来、同時に、電解質膜31を直接加湿することが出来る。加湿が進むと、電解質膜31のガス透過性能が低下して、燃料ガスが通り難くなる。そして、最終的にガスが通らなくなった時点で加湿が終了となる。燃料ガスQの流量 $Q_0$ 及び圧力 $A_1$ は、加湿の終了が、 $t_{25} \sim t_{26}$ の間に来るように実験的に決定される。

【0118】燃料電池スタック3は、加熱された冷却水と反応熱により、加熱されている。温度Tは、最終的に運転温度 $T_0$ へ達する。(図4(a))。出力スイッチ14は、OFF状態である。

【0119】(7)ステップS17(時間 $t_{26} \sim$ )

温度Tは、運転温度 $T_0$ となる。制御部18は、電池スタックに取り付けた温度センサーで確認する。制御部18は、燃料ガス供給部1から、加湿された第1燃料ガスQを燃料電池スタック3のアノード側へ流量 $Q_0$ で供給する。なお、燃料電池スタック3の運転条件により、流量を変更しても良い。このとき、第1燃料ガスQの流量(図4(b)) $=Q_0$ 、燃料ガスQの圧力 $A(Q)=A_0$ 、である。

【0120】制御部18は、酸化ガス供給部2から、加湿された第1酸化ガスPを燃料電池スタック3のカソード側へ流量 $P_0$ で供給する。なお、燃料電池スタック3の運転条件により、流量を変更しても良い。このとき、第1酸化ガスPの流量(図4(c)) $=P_0$ 、酸化ガスPの圧力 $A(P)=A_0$ 、である。

【0121】制御部18は、加熱部5をOFFにして、冷却水の加熱を終了する。ただし、ポンプ17による冷却水循環ラインに冷却水を定常的に循環させる動作は継続する。そして、発電が開始された場合には、冷却部6をONにして、冷却部6での冷却水の冷却を開始する。

【0122】燃料電池スタック3のアノード側及びカソード側での酸化反応は終了する。そして、反応熱と生成水とによる燃料電池セル30の直接加熱及び電解質膜31の直接加湿が終了する。燃料電池スタック3は、運転温度 $T_0$ であり、電解質膜31の加湿状態も十分である。制御部18は、出力スイッチ14をONにして、負荷装置4に対して、燃料電池スタック3の電力の供給を開始する。

【0123】燃料電池スタック3の発電で発生する熱は、冷却水により持ち去られる。発熱する熱の大きさ

10

20

30

40

50

(燃料電池スタック3通過後の冷却水の水温で検出)により、制御部18は、ポンプ17の吐出量や、冷却部6の冷却能力の調節を行う。温度Tは、燃料電池スタック3の運転温度T<sub>0</sub>を維持される(図6(a))。

【0124】上記のステップS11～ステップS16により、燃料電池システムの起動(運転温度への昇温、電解質膜の加湿)が終了する。そして、ステップS17のようにして、通常の運転状態となる。

【0125】本実施例では、アノード側の燃料ガスをカソード側へ透過させて酸化反応を起こさせている。ただし、カソード側の酸化ガスをアノード側へ透過させて酸化反応を起こさせ、その反応熱及び生成水を用いることも可能である。その場合、ステップS14～S15(時間t<sub>23</sub>～t<sub>25</sub>)において、燃料ガスQの圧力ではなく、酸化ガスPの圧力を高くすることにより実施することが出来る。

【0126】また、本実施例において、ステップS12では、乾燥した酸化ガスを流しているが、乾燥した燃料ガスを流しても良い。また、乾燥した燃料ガスと酸化ガスを同時に流すことも可能である。

【0127】本実施例では、電解質膜31の加湿を酸化反応による生成水のみで行っているが、加湿された燃料ガスQ及び酸化ガスPを燃料電池スタック3へ供給することにより、加湿を行うことも可能である。その場合、加湿にかかる時間が短縮される。

【0128】本実施例では、加熱部5を用いた冷却水の加熱による燃料電池スタック3の加熱を同時に行っている。ただし、加熱部5を用いない場合でも、酸化反応は室温で触媒層上において起きるので、本発明による燃料電池スタック3の運転温度への加熱は可能である。その場合、加熱部5を省略することが出来る。

【0129】また、本実施例では、燃料ガスとして水素を用いているが、炭化水素系のガスを改質した水素を含む燃料ガスをを用いることも可能である。

【0130】本発明においては、燃料電池スタックのセパレータ内部に設けられた通路内を流れる冷却水による加熱、及び、燃料ガスや酸化ガスによる加熱を用いるだけでなく、燃料電池スタック3の燃料電池セル30空気極33上(又は、燃料極32)での酸化反応に伴う反応熱を用いて加熱を行っている。すなわち、燃料電池スタック3(の燃料電池セル30)自身で発生する熱により加熱するので、加熱の効率が非常に高い。そのため、非常に短時間での昇温が可能となる。

【0131】また、酸化反応の際、反応により生成する生成水を用いて、電解質膜31を加湿している。すなわち、燃料電池スタック3(の燃料電池セル30)上に水が供給されることになり、加湿の効率が非常に高くなる。そのため、非常に短時間での加湿が可能となる。

【0132】本発明により、燃料電池システム起動時に、燃料電池スタックの燃料極及び空気極上で酸化反応

を起こし、燃料電池セルで発熱及び生成水を発生させることにより、直接燃料電池セルを暖気、加湿することが出来る。そして、燃料電池システム全体の起動時間を大幅に短縮することが可能となる。

【0133】

【発明の効果】本発明により、燃料電池システムの起動の際、燃料電池スタックの暖気及び加湿を効率的に行うことが出来、燃料電池システムの起動時間を短縮することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明である燃料電池システムの第1の実施の形態における構成を示す図である。

【図2】燃料電池セル及びセパレータを説明する断面図である。

【図3】燃料電池スタックの構成を示す斜視図である。

【図4】燃料電池システムの起動時の動作を示すタイミングチャートである。

【図5】本発明である燃料電池システムの第2の実施の形態における構成を示す図である。

【図6】燃料電池システムの起動時の他の動作を示すタイミングチャートである。

【図7】(a)(b)本発明の燃料電池システムの起動方法の原理を示す図である。

【符号の説明】

- |            |             |
|------------|-------------|
| 1          | 燃料ガス供給部     |
| 2          | 酸化ガス供給部     |
| 3          | 燃料電池スタック    |
| 4          | 負荷装置        |
| 5          | 加熱部         |
| 6          | 冷却部         |
| 7          | 第1燃料ガス流量制御弁 |
| 8          | 第2燃料ガス流量制御弁 |
| 9          | 第1酸化ガス流量制御弁 |
| 10         | 第2酸化ガス流量制御弁 |
| 11         | 燃料ガス逆止弁     |
| 12         | 酸化ガス逆止弁     |
| 13         | ダイオード       |
| 14         | 出力スイッチ      |
| 15         | 電圧センサ       |
| 16         | 燃料ガス圧力計     |
| 17         | ポンプ         |
| 18         | 制御部         |
| 19         | 酸化ガス圧力計     |
| 20-1～20-4  | 冷却水配管       |
| 21-1～21-3  | 第1燃料ガス配管    |
| 22-1～22-3  | 第1酸化ガス配管    |
| 23-1～23-3  | 第2燃料ガス配管    |
| 24-1～24-3  | 第2酸化ガス配管    |
| 25-1～25-2  | 配線          |
| 30(-1～n-1) | 燃料電池セル      |

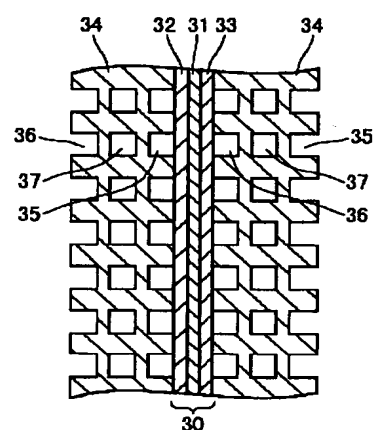
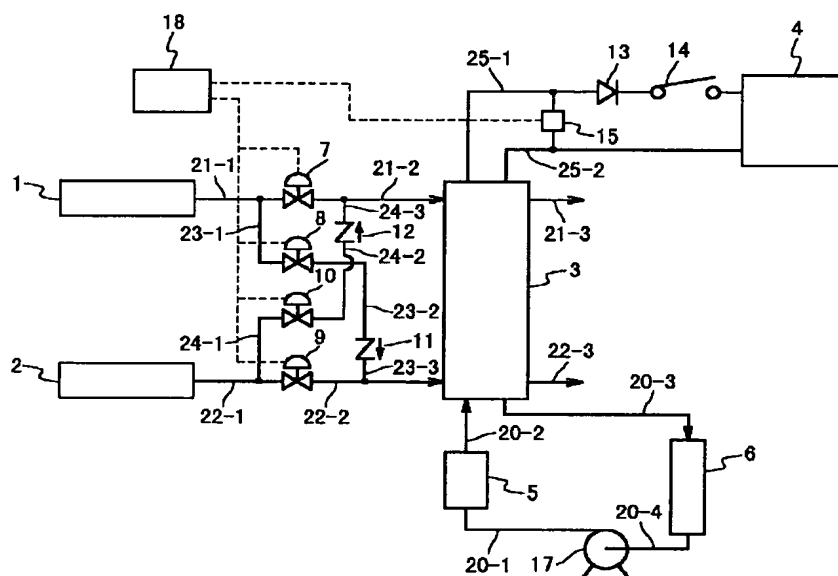
- 31 電解質膜  
 32 燃料極  
 33 空気極  
 34 (−1~n) セパレータ  
 35 燃料ガス通路  
 36 酸化ガス通路  
 39 発電部  
 40 集電プレート  
 41 絶縁プレート  
 42 エンドプレート

- \* 43 燃料ガス導入口  
 44 冷却水導入口  
 45 酸化ガス導入口  
 46 集電プレート  
 47 絶縁プレート  
 48 エンドプレート  
 49 酸化ガス排出口  
 50 冷却水排出口  
 51 燃料ガス排出口

\*10

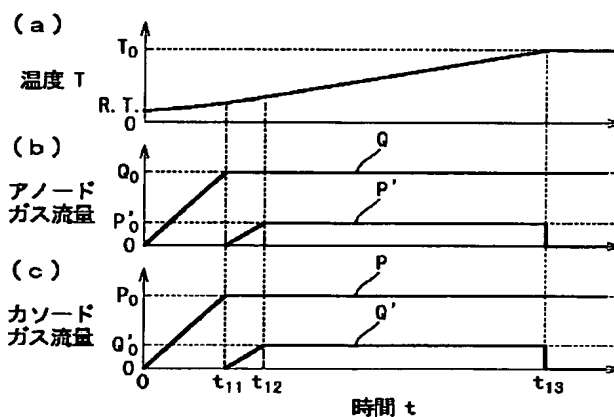
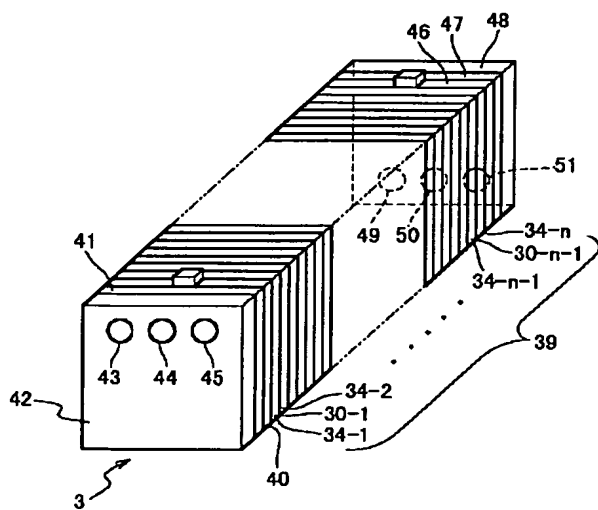
【図1】

【図2】

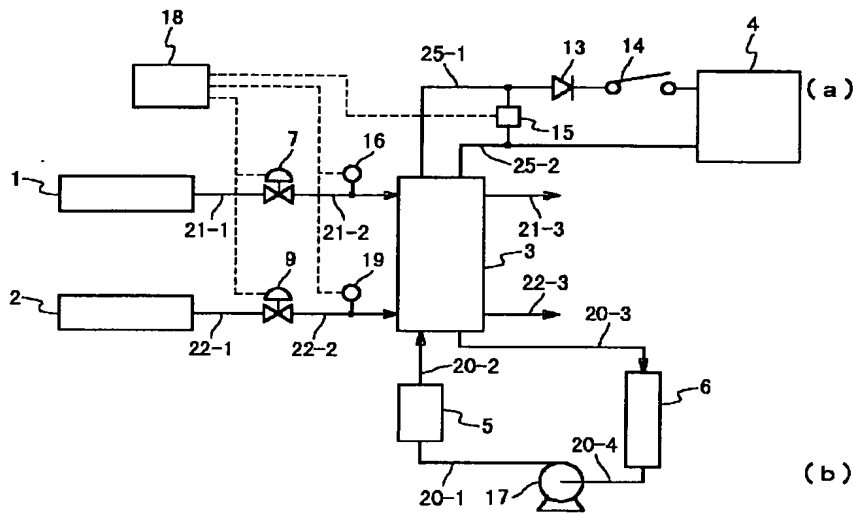


【図3】

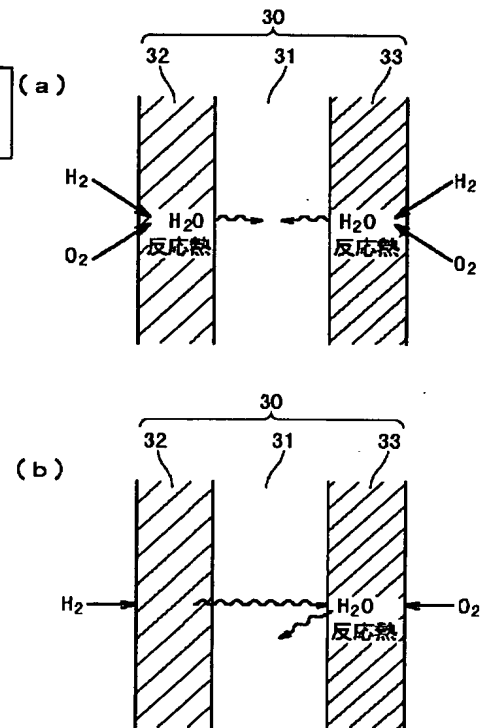
【図4】



【図5】



【図7】



【図6】

